



MESTRADO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

AVALIAÇÃO DE POSTOS DE TRABALHO COM EXPOSIÇÃO DE RUÍDO EM PEDREIRAS A CÉU ABERTO

Maria Luísa Oliveira da Silva

Orientadora: Professora Doutora Maria Luísa Pontes da Silva Ferreira de Matos(FEUP)
Arguente: Professora Doutora Joana Cristina Cardoso Guedes(FEUP)
Presidente do Júri: Professor Doutor João Manuel Abreu dos Santos Baptista (FEUP)

2018



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: feup@fe.up.pt ISN: 3599*654



Telefone: +351 22 508 14 00



Fax: +351 22 508 14 40



URL: <http://www.fe.up.pt>



Correio Eletrónico: feup@fe.up.pt

AGRADECIMENTOS

“Aquele que não sabe, e pensa que sabe. Ele é ignorante. Evite-o.

Aquele que não sabe e sabe que não sabe. Ele é uma criança. Ensine-o.

Aquele que sabe e não sabe o que sabe. Ele está adormecido. Desperte-o.

Aquele que sabe e sabe o que sabe. Ele é sábio. Siga-o.”

Provérbio Persa

Primeiro agradeço a mim. Em segundo lugar agradeço ao meu sobrinho Rui Pedro pela frequente presença enquanto eu trabalhava nesta dissertação, aos meus pais pelo esforço adicional de apoiar-me nas boas e más decisões.

Este trabalho era impossível de ser realizado sem o apoio incansável da minha orientadora Maria Luísa, a ela um provérbio e um grande:

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

As pedreiras a céu aberto apresentam um défice de dados sobre a avaliação da exposição ao ruído dos trabalhadores nas diferentes operações diárias.

O objetivo deste estudo é o de avaliar níveis de exposição diária e de nível sonoro de pico em postos de trabalho numa pedreira a céu aberto e verificar se cumprem os requisitos legais, caso contrário, baseado na legislação em vigor e na pesquisa bibliográfica, propor as melhores medidas de minimização de modo a melhorar a saúde dos trabalhadores.

A metodologia aplicada ao ruído ocupacional neste trabalho é a descrita no DL n.º 182/2006, de 6 de setembro, complementada com a utilização da Norma NP EN ISO 9612:2011, o aparelho de medição foi o Sonómetro de Classe 1, marca 01 dB *Blue Solo* da *Metravit*, o *software dBTrait* e o *Excel*. Os equipamentos avaliados foram um *Dumper*, uma Pá Carregador e uma Pá Giratória.

O *Dumper* excedeu os valores limite de exposição (VLE) para os níveis de pico (L_{Cpico}), a Pá Carregadora excedeu os valores de ação superior (VAS) para os níveis de pico (L_{Cpico}) e a Pá Giratória apresentou valores de exposição diária majorado superior ($L_{EX,8h+U}$) para aos valores de ação inferior (VAI) a estas exposições excedidas por lei são apresentadas medidas.

Os valores obtidos de $L_{EX,8h}$ majorado para o *Dumper*, para a Pá Carregadora e para a Pá Giratória não excedem os valores de VLE de 87 dB (A), nem os valores VAS de 85 dB (A).

Todos os equipamentos que excederam os valores limites de ruído, conclui-se que é necessário um programa de conservação auditiva, uso de protetores auditivos, melhorar as condições nos postos de trabalho como as pistas de circulação e rotatividade, exames médicos e monitorização de ruído.

Palavras-chave: *Dumper*, Pá Carregadora, Pá Giratória, Pedreira, Ruído Ocupacional

ABSTRACT

Open pit quarries present a lack of data on the assessment of workers' noise exposure in the different daily operations.

The objective of this study is to evaluate daily exposure levels and peak noise level in workstations in an open pit quarry and to verify if they comply with legal rules, otherwise, based on current legislation and bibliographic research, propose the best minimization measures in order to improve workers' health.

The methodology applied to occupational noise in this work is described in the DL no. 182/2006, of September 6, complemented with the use of NP EN ISO 9612: 2011. The measuring instrument was the Class 1 Sound Level Meter, 01 dB Blue Solo from Metravit, with the dBTrait and Excel software. The equipment evaluated was a Dumper, a Wheel Loader and a Large Excavator.

The Dumper exceeded the exposure limit values (VLE) for the peak levels (L_{Cpeak}), the Wheel Loader exceeded the upper action values (VAS) for the peak levels (L_{Cpeak}) and the Large Excavator presented major daily exposure values ($LE_{X, 8h} + U$) for the lower action values (VAI) to these exposures exceeded by law, measures are presented.

The values obtained from major $LE_{X, 8h}$ for the Dumper, for the Wheel Loader and for the Large Excavator do not exceed the VLE values of 87 dB (A), nor the VAS values of 85 dB (A).

All equipment that exceeds the noise limit values concludes that a hearing conservation program, use of hearing protectors, improved conditions at work stations such as circulation and turnover lanes, medical examinations and noise monitoring are required.

Keywords: Dumper, Wheel Loader, Large Excavator, Quarry, Occupational noise

CONTEÚDO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	A Segurança e Higiene Ocupacionais e o Setor Mineiro	1
1.2	Sector Mineiro, Produtividade e a Estatística.....	2
1.3	Estrutura da dissertação	6
2	FUNDAMENTAÇÃO DO TRABALHO	7
2.1	Enquadramento da atividades económica.....	7
2.2	Enquadramento Legal.....	7
2.3	Enquadramento Normativo.....	9
2.4	Fundamentação teórica do fenómeno Ruído	9
2.4.1	Características do ruído	9
2.4.2	Frequência e espectro	11
2.4.3	Anatomia e fisiologia da audição e audibilidade	12
2.4.4	Tipos de ruído.....	13
2.5	Conhecimento científico.....	15
2.5.1	Metodologia de revisão	15
2.5.2	Fundamentação na área da saúde	16
2.5.3	Fundamentação na área tecnológica.....	29
2.6	Medidas preventivas	34
3	OBJETIVOS, MATERIAIS E MÉTODOS	41
3.1	Objetivos da Dissertação	41
3.2	Materiais e Métodos	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
5	CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS	51
5.1	Conclusões.....	51
5.2	Limitações e Perspetivas Futuras	52
6	BIBLIOGRAFIA	55
7	ANEXOS.....	1
7.1	ANEXO I – Cálculo do valor $L_{EX,8h+U}$ – <i>Dumper</i>	1

7.2	ANEXO II – Cálculo do valor $L_{EX,8h+U}$ – Pá Carregadora	1
7.3	ANEXO III – Cálculo do valor $L_{EX,8h+U}$ – Pá Giratória	1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Pressão sonora e nível de pressão sonora.	11
Figura 2: Representação gráfica das linhas isofônicas normais para sons puros.	13
Figura 3: Filtro de ponderação	13
Figura 4: Tipos de ruído.	14
Figura 5: Principais fontes de ruído associadas à laboração de pedreiras e minas a céu aberto. ..	14
Figura 6: Previsão do ruído de perfuração, em campo livre, campo semi e reverberante.	15
Figura 7: Sonómetro 01 dB Blue Solo.	41
Figura 8: <i>Dumper</i> nas tarefas de carga, transporte e descarga.	43
Figura 9: Pá Carregadora arrumar material e a fazer a carga do camião.	44
Figura 10: Pá Giratória fazer a carga do <i>Dumper</i>	45

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Valores de produção de minerais de construção entre o ano 2011 até 2015.....	3
Tabela 2: Valores da produção de minerais de construção por substância no ano 2015.	3
Tabela 3: Número de estabelecimentos por subsector de atividade entre os anos 2011-2015.....	4
Tabela 4: Número de trabalhadores por subsector de atividade entre os anos 2011-2015.	4
Tabela 5: Acidentes mortais por setor de atividade.	5
Tabela 6: Tipo de local onde ocorreu o acidente mortal.	5
Tabela 7: Acidentes de trabalho por sexo e taxas de incidências, segundo a atividade económica, ano 2015.	6
Tabela 8: CAE da atividade da empresa em estudo.	7
Tabela 9: Valores de ação e limite de exposição ao ruído.	7
Tabela 10: Princípios gerais da avaliação de riscos.	8
Tabela 11: Medidas de redução de exposição ao ruído.....	8
Tabela 12: Medidas de proteção individual.	9
Tabela 13: Informação legal relativa a instrumentos de ruído.	9
Tabela 14: PAIR prevista na ISO 1999 para um trabalhador exposto a elevados níveis de ruído durante de 45 anos.....	17
Tabela 15: Doenças profissionais relacionadas com a exposição ao ruído ocupacional	17
Tabela 16: Resultados dos inquéritos e dos exames audiométricos aos trabalhadores.....	20
Tabela 17: Grau de desconforto ao ruído ocupacional.....	25
Tabela 18: Distribuição entre trabalhadores com PAIR com a idade.	26
Tabela 19: Relação entre a duração de exposição com a PAIR.	26
Tabela 20: Grau gravidade quando exposto a um intervalo de ruído.....	26
Tabela 21: Comparação de ruído entre a mina subterrânea com a mina céu aberto.	28
Tabela 22: Recolha de dados do posto de trabalho.	29
Tabela 23: Características do equipamento segundo Cerdeira et al.	30
Tabela 24: Valores dos níveis de ruído, segundo Cerdeira et al.	31
Tabela 25: Valores dos níveis de exposição equivalente ponderada do ruído da Pá Carregadora, segundo Sensogut & Cinar.	31
Tabela 26: Valores do ruído dos equipamentos com janela fechada ou aberta segundo Sensogut & Cinar.	31
Tabela 27: Medições dos equipamentos quando circulam nas estradas.....	31

Tabela 28: Valores de ruído com camião sem e com carga, segundo Engel & Kosała	32
Tabela 29: Valores de ruído da escavadora, segundo Engel & Kosała.....	32
Tabela 30: Intervalo de valores de ruído associada a cada operação, segundo Ferreira & Guerreiro.	33
Tabela 31: Medidas de prevenção recomendadas pelos autores da revisão sistemática.....	36
Tabela 32: Medidas de prevenção segundo os valores de exposição pessoal diária.....	39
Tabela 33: Exemplos de medidas de minimização para cada operação, segundo Ferreira & Guerreiro.	40
Tabela 34: Características do equipamento para a avaliação do ruído.	42
Tabela 35: Os princípios gerais de avaliação de riscos.....	42
Tabela 36: Medição do ruído	42
Tabela 37: Valores de ruído do <i>Dumper</i>	49
Tabela 38: Valores de ruído da Pá Carregadora.	49
Tabela 40: Comparação de valores de ruído entre a Pá Carregadora e Escavadora.	50
Tabela 39: Valores de ruído da Pá Giratória.	50

ABREVIATURAS

ACT – Autoridade para as Condições de Trabalho

CAE – Classificação das Atividades Económicas

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

DL – Decreto-Lei

EPI – Equipamento de proteção individual

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

GEP – Gabinete de Estratégia e Planeamento

Hz – Hertz, unidade de frequência

ISO – *International Organization for Standardization*

K – fator de expansão associada ao intervalo de confiança

L – Lei

L_A – Nível de pressão sonora, ponderada A

L_{Aeq} – Nível de pressão sonora contínuo equivalente, ponderado A

L_{Aeq,Te} – Nível de pressão sonora contínuo equivalente, ponderado A, para a duração efetiva do dia de trabalho

L_{Aeq,Tn} – Nível de pressão sonora contínuo equivalente, ponderado A, da amostra n

L_{Cpico} – Nível de pressão sonora de pico, com ponderação C

L_{eq} – Nível de pressão sonora contínuo equivalente (é a sigla definida no sonómetro e software)

L_{Ex,8h} – Exposição pessoal diária ao ruído – Nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, calculado para um período normal de trabalho diário de oito horas

LHD – *Load-Haul-Dump* (veículo de carga-descarga e transporte)

LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia

L_p – nível de pressão sonora

L_{pA} – nível de pressão sonora, em dB (A), ponderado de acordo com a curva de ponderação de resposta normalizada A

MSHA – *Mine Safety and Health Administration*

n – número da amostra do posto de trabalho

N – representa o número total de amostras do posto de trabalho

NP – Norma Portuguesa

NIOSH – *National Institute for Occupational Safety and Health*

OSHA – *Occupational Safety and Health Administration*

PAIR – Perda Auditiva Induzida por Ruído

PEL – *Permissible Exposure Limits*

PRISMA[®] - *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*

T_e – representa a duração efetiva da exposição durante um de trabalho, expressa em horas

T₀ – duração de referência, T₀ = 8h

U – incerteza expandida

VAI – Valor de Ação Inferior

VAS – Valor de Ação Superior

VLE – Valor Limite de Exposição

GLOSSÁRIO

Agregados britados – Material proveniente do desmonte, que já foi processado e transformado no produto final, que possui uma granulometria específica e ao qual é estipulado um valor comercial.

Audiometria – A audiometria é um estudo que permite avaliar com exatidão a funcionalidade de ambos os ouvidos, determinar se existe uma deficiência da capacidade auditiva e, neste caso, localizar também a sua origem (por exemplo, no ouvido médio ou no ouvido interno).

Britador Primário – Equipamento situado no início da instalação de britagem e utilizado para fragmentar a matéria-prima mineral proveniente diretamente da pedreira. Produz uma regularização do calibre para a alimentação da britagem secundária.

Desmonte – Operação de extração de matéria-prima mineral, vulgarmente com explosivos, de modo a desagregar o maciço remanescente, destacando a rocha, que entre outras finalidades, no caso em estudo será para a produção de agregados.

Escombros – Material proveniente do desmonte.

Exposição pessoal diária ao ruído – $L_{EX,8h}$ – Representa o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, calculado para um período normal de trabalho diário de oito horas T_0 , que abrange todos os ruídos presentes no local de trabalho, incluindo o ruído impulsivo, expresso em dB (A).

Exposição pessoal diária efetiva – $L_{EX,8h,efect}$ – Representa a exposição pessoal diária ao ruído tendo em conta a atenuação proporcionada pelos protetores auditivos, expressa em dB (A).

Instalação de Britagem - Conjunto de equipamentos necessários para o processamento de matérias-primas minerais nos vários estágios (britagem, separação e tratamento).

$L_{Aeq,T}$ - Valor do nível de pressão sonora ponderada A de um ruído uniforme que, no intervalo de tempo T, tem o mesmo valor eficaz da pressão sonora do ruído considerado cujo nível varia em função do tempo.

Média semanal dos valores diários da exposição pessoal ao ruído – $L_{EX,8h}$ – Média dos valores de exposição diários, com uma duração de referência de quarenta horas.

Nível de pressão sonora de pico - L_{Cpico} – Valor máximo de pressão sonora instantânea, ponderado C, expresso em dB (C).

Pedreira – Conjunto formado pela área de extração e zonas de defesa, pelos depósitos minerais extraídas, estéreis e terras removidas e, bem assim, pelos seus anexos¹.

Perturbações da audição e do equilíbrio – A audição é um sentido de grande importância para que se saiba o que se passa em redor e uma ferramenta fundamental para a comunicação.

¹ Decreto-Lei n.º 270/2001, de 6 de Outubro

Pilha de stock – Pilha de materiais armazenados. Pode haver diferentes pilhas de acordo com a granulometria e/ou tipo de material.

Posto de trabalho – Atividade profissional geral que é realizada por um trabalhador, composto por todas as tarefas desempenhadas pelo trabalhador durante todo o dia de trabalho².

Presbiacusia – A presbiacusia corresponde à perda da capacidade auditiva que se produz gradualmente com a idade, normalmente a partir dos 50 anos, como consequência do progressivo envelhecimento do órgão da audição.

Sonómetros – Instrumentos de medição utilizados para medir e/ou registar as grandezas características dos campos sonoros no domínio do audível, cujas indicações estão em expressa em unidades de medidas legais, compreendendo os respetivos calibradores.

Substância Ototóxica – Substância que tem efeito tóxico sobre o sistema auditivo e do equilíbrio.

Surdez – A surdez corresponde a uma diminuição do sentido da audição: pode-se tratar de uma incapacidade total para ouvir ou de uma perda parcial, também denominada hipoacusia.

Surdez ocupacional ou profissional – Denomina-se assim a perda de audição devido à exposição prolongada ao ruído de elevada intensidade em ambientes laborais.

Tarefa – Parte da atividade ocupacional do trabalhador num determinado (especificado) intervalo de tempo de trabalho. O intervalo de tempo de trabalho normalmente consiste (é composto) numa sequência de atividades coordenadas que podem fazer um ciclo de trabalho².

Valores de Ação Superior e Inferior – Níveis de exposição diária ou semanal ou os níveis da pressão sonora de pico que em caso de ultrapassagem implicam a tomada de medidas preventivas adequadas à redução do risco para a segurança e saúde dos trabalhadores.

Valores Limite de Exposição – Nível de exposição diária ou semanal ou o nível da pressão sonora de pico que não deve ser ultrapassado.

² NP EN ISO 9612:2011

PARTE 1

1 INTRODUÇÃO

1.1 A Segurança e Higiene Ocupacionais e o Setor Mineiro

A indústria mineira é uma das ocupações mais antiga, há muito reconhecido como sendo árdua e passíveis de ferimentos e doenças, tanto no subsolo como na superfície. Ela continua a ser uma das mais importante no sector industrial em muitas partes do mundo. Em relação à saúde, os mineiros têm sido consciencializados dos perigos causados pelos gases, poeiras, produtos químicos e explosões mineiras, sob condições de temperaturas extremas (quente ou frio) e altas altitudes no ambiente de trabalho. A indústria mineira em seu nível atual de desenvolvimento está muito mecanizada. Grandes quantidades de energia mecânica são necessárias na extração, transporte e processamento de minerais e minérios. Desenvolvimento de operações mecanizadas modernas tem vindo a diminuir consideravelmente a carga física de trabalho na indústria de mineração. No entanto, o mais indesejado e, inevitável destas operações é a geração de elevados níveis de ruído na indústria mineira. O ruído gerado durante a perfuração, detonação, escavação, carregamento, transporte e processamento de trabalhos são fontes de elevado ruído que têm aumentado devido ao aumento da mecanização. Equipamento tal como máquinas de corte, locomotivas, camiões de transporte, carregadoras, equipamentos de *longwall*, transportadores de cadeia, mineiros contínuos, carregador-descarregador, ventiladores e ferramentas de percussão pneumáticas são as principais causas de ruído na indústria mineira (Edwards, Dekker, Franz, Van Dyk, & Banyini, 2011; Fisne & Okten, 2013).

Essas atividades aumentam o nível de ruído em um local de mineração. Na escavação subterrânea, o ruído tem uma natureza reverberante por causa de espaços estreitos fechados (Pandey, Thote, & Singh, 2013).

Trabalhos realizados para expandir a produtividade na indústria de mineira têm demonstrado a necessidade de utilizar máquinas maiores, que resulta na geração de altos níveis de ruído. O efeito mais comum de exposição excessiva ao ruído é a perda de audição que tem profundo impacto social e profissional em indivíduos afetados e reduz substancialmente a qualidade de vida. O problema é que as pessoas expostas dificilmente estão conscientes da relação causa-efeito, uma vez que a perda auditiva é lenta mas progressiva (Fisne & Okten, 2013; Tripathy & Rao, 2015).

A crescente mecanização em todas as indústrias e atividades económicas tem vindo a agravar o problema do ruído. Até muito recentemente este era encarado como um indicador de industrialização, ou seja, as sociedades «silenciosas» primavam pelo pouco desenvolvimento, ao contrário das sociedades «ruidosas», que possuíam as maiores e mais potentes máquinas, logo maior desenvolvimento industrial. Contudo, nos últimos anos o ruído industrial foi-se metamorfoseando numa necessidade de silêncio, considerando-se que a existência de ambientes silenciosos não era um luxo, mas uma necessidade crescente, quer nos locais de trabalho, quer fora destes (Arezes & Miguel, 2002).

O ruído é o contaminante físico mais persistente no ambiente humano. Especialmente nos países desenvolvidos, onde os modelos de organização social e económica, o desenvolvimento

tecnológico e o crescimento da população são fatores-chave para o aumento da poluição sonora (Fernández, Quintana, Chavarria, & Ballesteros, 2009). Os níveis excessivos de ruído são encontradas devido às máquinas de grande porte operando na indústria de mineira. Portanto, é difícil encontrar um ambiente relativamente baixo ruído para os trabalhadores. Esta situação pode causar uma perda temporária ou permanente da audição para os trabalhadores (Cem Sensogut & Cinar, 2007). Os trabalhadores expostos a níveis de ruído acima de 82 dB (A) estão em risco de PAIR, e os expostos a níveis superiores a 90 dB (A) estão em alto risco (Onder et al., 2012; Phillips, Heyns, & Nelson, 2006).

Em geral, os sons acima de 85 dB são considerados prejudiciais, dependendo de quanto tempo e quantas vezes se está exposto a esses ruídos e se usa a audição, na literatura anteriores mostra que os trabalhadores em minas, pedreiras, serrarias, têxteis, operadores de impressão, e muitos outros trabalham com máquinas que produz ruído muito acima dos níveis tolerados e, portanto, se expõem a potenciais perdas auditivas. Na indústria de carvão, cerca de 76% são expostos ao ruído perigosos. Isso faz com que cerca de 25% dos problemas auditivos sejam graves e cerca de 80% sejam da deficiência auditiva em idade da reforma dos trabalhadores (Gyamfi, Amankwaa, Owusu Sekyere, & Boateng, 2016).

A OMS define deficiência auditiva material como uma média dos níveis do limiar auditivo para ambas as orelhas que excedem 25 dB em 1000, 2000, 3000 e 4000 Hz. Além disso, a perda auditiva ou surdez levariam a comportamentos anormais como ansiedade, perturbações do humor, perturbações da personalidade e esquizofrenia, bem como a problemas de comunicação. A extração é uma das atividades principais na produção de materiais (ou seja, rochas e areias) para a construção de infraestruturas. A principal atividade das pedreiras neste estado envolve o granito, esmagando o granito em rochas menores e convertendo-o em cascalho. O principal ruído contributivo provém dos britadores de granito. Além disso, sons de motores de escavadoras, camiões basculantes e camiões também são considerados fontes de ruído (Filza Ismail, Daud, Ismail, & Abdullah, 2013).

1.2 Sector Mineiro, Produtividade e a Estatística

Em Portugal³, apesar da sua pequena dimensão geográfica, possui uma geologia bastante diversificada e forte potencial em recursos minerais metálicos, dos quais se destacam as importantes jazidas de Neves - Corvo (Cobre e Zinco), Panasqueira (Tungsténio) e Aljustrel (Cobre e Zinco). Também merece o destaque as rochas ornamentais, principalmente os mármoreos provenientes da região de Estremoz – Borba – Vila Viçosa, os calcários da região do Maciço Calcário Estremenho e os granitos, também provenientes do norte do país. Igualmente importantes, são os minerais para a construção civil com relevância para os agregados.

³ www.dgeg.gov.pt/wwwbase/wwwinclude/ficheiro.aspx?access=1&id=15632 (acedido em 27/07/2018).

Pode-se verificar, pela análise dos dados que, em 2015⁴, se mantém a tendência de descida, embora se esteja a assistir a uma desaceleração dessa tendência. Assim, têm-se um valor da produção da indústria extrativa nacional, para o ano em análise, de 763 milhões de euros para os minérios/minerais e 180 milhões de euros para as águas. Neste universo, os setores preponderantes são os minérios metálicos, que representam 43% e, os minerais para a construção que representam 34% (DGEG, 2016). Na Tabela 1 está representado a produção de minerais entre o ano 2011 até 2015 e na Tabela 2 está representado a produções minerais para a construção, por substância no ano 2015.

Tabela 1: Valores de produção de minerais de construção entre o ano 2011 até 2015.

Subsectores	2011 (Ton)	2012 (Ton)	2013 (Ton)	2014 (Ton)	2015 (Ton)
Agregados	56372440	38744856	29328416	32507198	31811221
Minerais para cimento e cal	9860250	8193847	9401222	9997073	9259296
Rochas Ornamentais	2618333	2743506	2918199	2856542	2872900
Total	68851023	49682209	41647837	45360813	43943417

Tabela 2: Valores da produção de minerais de construção por substância no ano 2015.

Agregados	2015 (Toneladas)
Areias e Saibros	6638053
Pedra britada calcária	10969026
Pedra britada siliciosa	14204143
Total	31811222
Minerais para cimento e cal	2015 (Toneladas)
Minerais para cimento	8708130
Minerais cal	551166
Total	9259296
Rochas ornamentais	2015 (Toneladas)
Mármore e calcários	833393
Granitos e rochas similares	1190763
Pedra para calcetamento	637859
Pedra rústica	162492
Ardósia e xisto	48393
Total	2872900

Em relação aos estabelecimentos com produção em 2015 e ao pessoal ao serviço, registaram um decréscimo no seu número, totalizando 10.551 trabalhadores distribuídos por 819 estabelecimentos (minas, pedreiras e termalismo/engarrafamento) (DGEG, 2016), nas Tabela 3 e Tabela 4, encontram-se dados sobre o número de estabelecimentos por subsectores de atividades e o número de trabalhadores, nesses mesmos subsectores entre o ano 2011-2015, que representa quase metade dos trabalhadores (Tabela 3) e representa três quartos dos estabelecimentos (Tabela 4).

⁴ Os dados de 2015 correspondem a dados definitivos e os dados de 2011 a 2014 a valores corrigidos (segundo o DGEG).

Tabela 3: Número de estabelecimentos por subsector de atividade entre os anos 2011-2015

	Minerais para construção	2011	2012	2013	2014	2015
Agregados	Areias e Saibros	65	66	64	69	66
	Pedra britada calcária	74	68	61	65	62
	Pedra britada siliciosa	143	142	136	139	134
Minerais para cimento e cal	Minerais para cal	3	4	4	2	3
	Minerais para cimento	14	14	13	14	14
Rochas ornamentais	Ardósia	11	11	12	14	14
	Granito ornamental e rochas similares	109	108	105	108	106
	Mármore e calcários	144	133	123	135	133
	Pedra para calcetamento	101	99	86	76	77
	Pedra rústica	23	21	19	20	20
	Total	687	666	623	642	629

Tabela 4: Número de trabalhadores por subsector de atividade entre os anos 2011-2015.

	Minerais para construção	2011	2012	2013	2014	2015
Agregados	Areias e Saibros	433	371	344	354	336
	Pedra britada calcária	1035	749	666	633	617
	Pedra britada siliciosa	1800	1561	1416	1416	1450
Minerais para cimento e cal	Minerais para cal	18	17	28	16	12
	Minerais para cimento	135	117	101	101	98
Rochas ornamentais	Ardósia	176	191	170	191	175
	Granito ornamental e rochas similares	833	778	771	821	772
	Mármore e calcários	1191	1024	972	1046	997
	Pedra para calcetamento	747	626	540	491	509
	Pedra rústica	164	129	83	103	103
	Total	6532	5563	5091	5172	5069

A indústria extrativa está definida como uma atividade económica com elevados riscos de acidentes como está escrito na alínea b) *Atividades de indústrias extrativas*, do artigo 79.º **Atividades ou trabalhos de risco elevado**, da Lei n.º 3/2014 de 28 de janeiro que procede à segunda alteração à Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro, que aprova o regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho (Assembleia de República, 2014).

A página oficial da Autoridade para as Condições de Trabalho (ACT)⁵ apresenta o número de acidentes mortais, (Tabela 5), e o tipo de local, (Tabela 6), onde ocorreram esses acidentes (ACT, 2018).

Segundo o GEP, o sector económico – Indústrias Extrativas, apresenta uma taxa de incidência de em acidentes não mortais muito elevada, sendo que 594 dos 600 acidentes não mortais era em homens, conforme dados apresentados na Tabela 7 (GEP, 2015).

⁵ [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/AcidentesdeTrabalhoMortais.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/AcidentesdeTrabalhoMortais.aspx) (acedido em 27/07/2018).

Tabela 5: Acidentes mortais por setor de atividade.

Secção CAE	Designação	2014	2015	2016	2017	2018
A	Agricultura, Produção, Animal, Caça, Floresta e Pesca	20	27	17	14	2
B	Indústrias Extrativas	4	4	5	3	0
C	Indústrias Transformadoras	28	22	27	25	9
D	Electricidade, Gás, Vapor, Água Quente e Fria e Ar Frio	0	0	0	0	0
E	Captação, Tratamento e Distribuição de Água; Saneamento, Gestão de Resíduos e Despoluição	1	2	2	2	1
F	Construção	41	44	42	35	9
G	Comércio por grosso e a retalho; Reparação de veículos automóveis e motociclos	9	11	16	14	0
H	Transportes e Armazenagem	10	12	12	8	3
I	Alojamento, restauração e similares	4	0	1	2	0
J	Atividades de Informação e de Comunicação	0	1	1	0	0
K	Atividades Financeiras e de Seguros	1	0	0	1	0
L	Atividades Imobiliárias	0	1	0	0	0
M	Atividades de Consultoria, Científicas, Técnicas e Similares	1	1	1	1	1
N	Atividade Administrativas e dos Serviços de Apoio	9	11	10	10	2
O	Administração Pública e Defesa; Segurança Social Obrigatória	2	0	0	3	0
P	Educação	1	0	1	0	0
Q	Atividades de Saúde Humana e Apoio Social	1	0	1	1	0
R	Atividades Artísticas, de Espetáculos, Desportivas e Recreativas	0	0	0	0	0
S	Outas Atividades de Serviços	3	2	2	0	0
T	Atividade das Famílias Empregadoras de Pessoal Doméstico e Atividades de Produção das Famílias para Uso Próprio	0	0	0	0	0
U	Atividades dos Organismos Internacionais e outras Instituições Extraterritoriais	0	0	0	0	0
	CAE ignorada	0	2	0	0	0
	Total	135	140	138	119	27

Tabela 6: Tipo de local onde ocorreu o acidente mortal.

Código	Tipo de local	2014	2015	2016	2017	2018
0	Nenhuma informação	1	0	1	2	0
10	Zona industrial	25	22	23	5	4
20	Estaleiro, construção, pedreira, mina a céu aberto	42	34	37	23	1
30	Área de agricultura, produção animal, piscicultura, zona floresta	13	21	16	9	0
40	Local de atividades terciária, escritório, entretenimento, diverso	1	4	6	2	0
50	Estabelecimento de saúde	0	0	0	0	0
60	Local público	19	19	22	17	2
70	Domicílio	0	1	1	2	0
80	Local de atividade desportiva	1	0	0	0	0
90	No ar, em altura - com exclusão de estaleiros	4	1	3	1	0
100	Subterrâneo - com exclusão de estaleiros	0	4	0	0	0
110	Sobre água - exclusão de estaleiros	13	7	1	2	0
120	Em meio hiperbárico - com exclusão de estaleiros	0	0	0	0	0
999	Outro tipo de local de trabalho	15	21	14	19	1
	Em averiguação	1	6	14	37	19
	Total	135	140	138	119	27

Tabela 7: Acidentes de trabalho por sexo e taxas de incidências, segundo a atividade económica, ano 2015⁶.

CAE Rev 3	Total de acidentes de trabalho					Acidentes de trabalho mortais				
	v.a	%	Homens	Mulheres	Tx. Incid.	v.a	%	Homens	Mulheres	Tx. Incid.
TOTAL	208 457	-	144 335	64 122	4 582,8	161	-	159	2	3,5
Subtotal	207 737	100,0	143 705	64 032	-	161	100,0	159	2	-
A Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca	8 717	4,2	7 051	1 667	2 544,9	32	19,9	32		9,3
B Indústrias extrativas	600	0,3	594	6	4 862,0	4	2,5	4		32,4
C Indústrias transformadoras	52 026	25,0	40 735	11 292	6 763,3	17	10,6	17		2,2
D Eletricidade, gás, vapor, água quente e fria e ar frio	214	0,1	194	20	1 122,8					0,0
E Capt., trat. e distrib. água; saneam, gestão de resid. e despoluição	3 043	1,5	2 816	227	10 332,3	3	1,9	2	1	10,2
F Construção	28 587	13,8	27 956	631	10 302,0	48	29,8	48		17,3
G Comér. por grosso e a retalho; repar. de veic. autom. e motociclo	29 828	14,4	20 121	9 708	4 247,3	13	8,1	12	1	1,9
H Transportes e armazenagem	12 636	6,1	10 982	1 654	7 338,0	20	12,4	20		11,6
I Alojamento, restauração e similares	13 933	6,7	6 291	7 642	5 386,7	4	2,5	4		1,5
J Atividades de informação e de comunicação	840	0,4	635	206	811,5		0,0			0,0
K Atividades financeiras e de seguros	649	0,3	361	288	601,0		0,0			0,0
L Atividades imobiliárias	790	0,4	476	314	2 818,4					0,0
M Atividades de consultoria, científicas, técnicas e similares	2 693	1,3	1 835	858	1 398,7	1	0,6	1		0,5
N Atividades administrativas e dos serviços de apoio	16 382	7,9	10 527	5 855	*	10	6,2	10		*
O Administração Pública e Defesa; Segurança Social obrigatória	10 441	5,0	6 884	3 558	3 407,5	9	5,6	9		2,9
P Educação	2 913	1,4	849	2 064	766,6		0,0			0,0
Q Atividades de saúde humana e apoio social	17 706	8,5	2 841	14 865	4 380,9		0,0			0,0
R Ativ. artísticas, de espetáculos, desportivas e recreativas	1 809	0,9	1 475	333	2 689,4					0,0
S Outras atividades de serviços	2 795	1,3	1 004	1 791	2 704,7		0,0			0,0
T At. fam. empreg. pess. doméstico e ativ. prod. fam. p/ uso próprio	1 122	0,5	74	1 048	959,8					0,0
U Ativ. dos organ. internac. e outras instit. extraterritoriais	13	0,0	7	6	799,2					0,0
CAE Ignorada	720	-	630	90	-		-			-

* Na atividade "N Atividades administrativas e dos serviços de apoio" estão incluídas as entidades empregadoras vulgarmente denominadas por empresas de trabalho temporário e prestação de serviços. Em termos de população exposta ao risco, a atividade registada para os trabalhadores desta atividade é identificada naquelas atividades onde exercem os serviços.

1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se organizada em 6 capítulos.

Capítulo 1 – **Introdução:** enquadramento teórico do tema em estudo.

Capítulo 2 – **Fundamentação do trabalho:** contextualização do estudo, revisão sistemática da literatura, enquadramento legal e normativo.

Capítulo 3 – **Objetivos, métodos e materiais:** descrição dos objetivos do estudo, descrição do método escolhido e materiais para o cálculo dos dados.

Capítulo 4 – **Resultados e discussões:** apresentação dos resultados e cálculos obtidos, interpretação dos resultados obtidos com comparação aos obtidos na literatura de apoio.

Capítulo 5 – **Conclusões, limitações e perspetivas futuras:** resumo das conclusões mais importantes, apresentar medidas de prevenção relativamente ao enquadramento legal, enumeração e justificação das limitações do estudo e propostas de melhoria em trabalhos futuros.

⁶ <http://www.gep.msess.gov.pt/estatistica/acidentes/at2015sint.pdf> (acedido em 27/07/2018).

2 FUNDAMENTAÇÃO DO TRABALHO

2.1 Enquadramento da atividades económica

O presente estudo foi elaborado na FEUP, mas a recolha de dados foi executada numa pedreira no Norte de Portugal, por uma equipe de investigadores da FEUP e do LNEG, durante a qual a autora não participou.

Segundo a Classificação Portuguesa de Atividades Económicas, Revisão 3 (CAE – Rev.3), regulamentada pelo DL n.º 381/2007, de 14 de novembro, a Tabela 8, representa a CAE da atividade económica das indústrias extrativas de saibro, areia e pedra britada.

Tabela 8: CAE da atividade da empresa em estudo.

Secção	Divisão	Grupo	Classe	Subclasse
B	08	081	0812	08121

2.2 Enquadramento Legal

O DL n.º 162/90, de 3 de agosto, relativo à proteção da segurança e da saúde dos trabalhadores nas indústrias extrativas por perfuração a céu aberto e subterrâneas, refere no n.º 1 do artigo 149.º de proteção contra ruído, o seguinte: *“1 – Nos locais de trabalho devem ser adotadas medidas adequadas à eliminação, redução e propagação dos ruídos, não podendo ser ultrapassados os valores de 85 dB (A) para o ruído e de 200Pa para a pressão acústica instantânea não ponderada.”* (DL n.º 162, 1990). Segundo a tese de doutoramento de M. L. Matos (2015), no enquadramento legal, no ano 1992, entrou em vigor o Decremento Regulamentar n.º 9/92, de 28 de abril, que regulamenta o DL n.º 72/92, de 28 de abril, na alínea i) do artigo 1.º, o seguinte: *“i) Valor limite da exposição pessoal diária: o valor limite da «exposição pessoal diária de um trabalhador ao ruído durante o trabalho» é igual a 90 dB (A) ”* (“Decreto Regulamentar 9/92,” 1992), ou seja, permitia o aumento da exposição ao ruído ocupacional. Entretanto esse diploma viria a ser revogado pelo atual DL n.º 182/2006, de 6 de setembro, regulamenta as prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos aos agentes físicos – ruído.

Na Tabela 9, estão representados os valores limite de exposição e limite de ação, das a), b) e c) do ponto 1 do artigo 3.º (DL n.º 182, 2006).

Tabela 9: Valores de ação e limite de exposição ao ruído.

	$L_{Ex,8h}$	L_C pico
Valores limites de exposição (VLE)	87 dB (A)	140 dB (C)
Valor de ação superior (VAS)	85 dB (A)	137 dB (C)
Valor de ação inferior (VAI)	80 dB (A)	135 dB (C)

No mesmo diploma, nos pontos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 do artigo 4.º sobre os princípios gerais da avaliação de riscos que auxiliam numa correta avaliação de ruído descrito na Tabela 10.

Tabela 10: Princípios gerais da avaliação de riscos.

Artigo 4.º - Princípios gerais da avaliação de riscos (DL 182/2006)	
1 —	Nas atividades suscetíveis de apresentar riscos de exposição ao ruído, o empregador deve avaliar e, se necessário, medir os níveis de ruído a que os trabalhadores se encontram expostos.
2 —	Os métodos e equipamentos de medição utilizados devem ser adaptados às condições existentes, nomeadamente às características do ruído a medir, à duração da exposição, aos fatores ambientais e às características dos equipamentos de medição.
3 —	A avaliação do resultado das medições referidas no número anterior deve ter em conta a incerteza da medição, determinada pela prática metrológica, de acordo com a normalização em vigor ou eventuais especificações europeias harmonizadas.
4 —	Os métodos e os equipamentos a utilizar devem permitir determinar os parâmetros e decidir, em cada caso, se foram ultrapassados os valores fixados no artigo anterior.
5 —	Entre os métodos referidos no número anterior pode ser incluída a amostragem, desde que seja representativa da exposição do trabalhador.
6 —	Os sistemas de medição utilizados na medição dos níveis de ruído devem ser apropriados e cumprir a legislação em vigor relativa ao controlo metrológico.
7 —	A avaliação feita com base na medição do ruído é efetuada de acordo com o estabelecido nos anexos I e II, os quais fazem parte integrante do presente decreto-lei, e deve permitir a determinação da exposição pessoal diária de um trabalhador ao ruído, assim como a determinação do nível da pressão sonora de pico a que cada trabalhador está exposto.

No artigo 6.º refere-se à redução da exposição dos trabalhadores ao ruído como dever da entidade empregadora, no ponto 7 desse mesmo artigo faz referência ao anexo IV como uma lista de medidas a aplicar para eliminar e reduzir a exposição ao ruído, como descritas na Tabela 11.

Tabela 11: Medidas de redução de exposição ao ruído.

N.º	Medidas
1	Rotatividade dos postos de trabalho.
2	Escolha de equipamentos ergonomicamente bem concebidos e que produzam o mínimo de ruído.
3	Conceção, disposição e organização dos locais e postos de trabalho.
4	Informação e formação dos trabalhadores para utilização correta e segura do equipamento.
5	Medidas técnicas: barreiras acústicas, encapsulamento, revestimento com material de absorção sonora, amortecimento e isolamento.
6	Manutenção dos equipamentos de trabalho.
7	Organização do trabalho com limitação da duração e da intensidade.
8	Horários de trabalho adequados, incluindo períodos de descanso.
9	Sinalização de acordo com a legislação, dos locais de trabalho onde os trabalhadores possam estar expostos a níveis de ruído acima dos VAS.

No artigo 7.º deste diploma é sobre as medidas de proteção individual que o empregador deve adotar à deposição dos trabalhadores quando não se consegue evitar a exposição ao ruído, transcritos na Tabela 12.

Tabela 12: Medidas de proteção individual.

Artigo 7.º Medidas de proteção individual	
1	Nas situações em que os riscos resultantes da exposição ao ruído não possam ser evitados por outros meios, o empregador põe à disposição dos trabalhadores equipamentos de proteção individual no trabalho que obedecem à legislação aplicável e sejam selecionados, no que respeita à atenuação que proporcionam, de acordo com o anexo V, o qual faz parte integrante do presente decreto-lei.
2	Para a aplicação do disposto no número anterior, o empregador:
a)	Coloca à disposição dos trabalhadores protetores auditivos individuais sempre que seja ultrapassado um dos valores de ação inferiores;
b)	Assegura a utilização pelos trabalhadores de protetores auditivos individuais sempre que o nível de exposição ao ruído iguale ou ultrapasse os valores de ação superiores;
c)	Assegura que os protetores auditivos selecionados permitam eliminar ou reduzir ao mínimo o risco para a audição;
d)	Aplica medidas que garantam a utilização pelos trabalhadores de protetores auditivos e controla a sua eficácia.

2.3 Enquadramento Normativo

No DL n.º 182/2006, de 6 de setembro, no ponto 3 do artigo 4.º e ponto 5 do Anexo I, quando se refere à incerteza da medição, de acordo com a normalização em vigor, está-se a referir à Norma Portuguesa NP EN ISO 9612:2011 – Acústica: Determinação da exposição ao ruído ocupacional – Método de Engenharia (NP EN ISO 9612, 2011).

Na Tabela 13, está representado o Anexo II, deste diploma, a referência aos equipamentos de medição e as suas características no ponto 1 e 2.

Tabela 13: Informação legal relativa a instrumentos de ruído.

Anexo II - Instrumentos de medição	
1	Os instrumentos de medição devem dispor das características temporais necessárias em função do tipo de ruído a medir e das ponderações em frequência A e C e cumprir, no mínimo, os requisitos equivalentes aos da classe de exatidão 2, de acordo com a normalização internacional, sendo preferível a utilização de sonómetros da classe 1, para maior exatidão das medições.
2	Deve ser evitada a utilização de sonómetros não integradores para a determinação da exposição pessoal do trabalhador quando a pressão sonora apresenta flutuações do nível sonoro, L_{pA} , de grande amplitude ou para períodos de exposição irregulares do trabalhador.

2.4 Fundamentação teórica do fenómeno Ruído

2.4.1 Características do ruído

O ruído é um dos poluentes acústicos mais importantes na sociedade atual, pois está presente na maioria das atividades das pessoas, não apenas os trabalhadores de certos setores, bem que todos os cidadãos estão expostos a doses de alto ruído (Fernández et al., 2009; Onder et al., 2012).

O ruído, um som indesejado, que constitui uma causa de incómodo para o trabalho, um obstáculo às comunicações verbais e sonoras, podendo provocar fadiga geral e, causa sérios efeitos psicológicos, fisiológicos e sociais: sentimentos de perturbação, reações de *stress* e distúrbios do sono, algumas alterações hormonais, aumento da pressão arterial, aumento do risco de infarto do

miocárdio e comprometimento do bem-estar e qualidade de vida geral (Miguel, 2014; Onder et al., 2012).

As suas características principais são: o nível sonoro e a frequência, se se trata de um som puro, ou a composição ou espectro, se se trata de um som complexo (Miguel, 2014). As técnicas empregadas para controle do ruído podem ser amplamente classificadas como controlo na fonte, controlo na transmissão e controlo no final do recetor (Tripathy & Rao, 2015), as vibrações sonoras originadas pela fonte têm, no entanto, valores variáveis, dependentes de fatores externos, tais como distância e orientação do recetor, variações de temperatura, tipo de local, etc (Miguel, 2014).

A intensidade das vibrações sonoras ou das variações de pressão que lhes estão associadas exprime-se em newton por metro quadrado (N/m^2) ou Pascal e designa-se Pressão Sonora.

A medida da pressão sonora numa escala linear é, contudo, impraticável, pois compreende cerca de 1 milhão de unidades. Com efeito, o limiar da audibilidade a 1000 Hz é provocado por uma pressão de 20 μ pascal (μPa), enquanto o limiar da dor ocorre a uma pressão de 100 pascal. Na, Figura 1, ilustra a variação de pressão sonora. Além disso, o ouvido não responde linearmente aos estímulos, mas sim logaritmicamente.

Por estas razões, as medidas dos parâmetros acústicos são feitas numa escala logarítmica expressa em decibéis (dB). O decibel é, por definição, o logarítmico da razão entre o valor variação da pressão sonora que um ouvido humano normal pode distinguir nas condições normais de audição.

De acordo com a norma portuguesa NP ISO 1996:2011, parte 1 e 2 (“Descrição, Medição e Avaliação do Ruído Ambiente”), o nível de pressão sonora, L_p , em decibéis é dado pela seguinte expressão:

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p}{p_0}$$

Em que:

p – valor eficaz ou RMS (*Root Mean Square*) da pressão sonora, em pascal;

p_0 – valor eficaz da pressão sonora de referência (2×10^{-5} Pa) (Miguel, 2014).

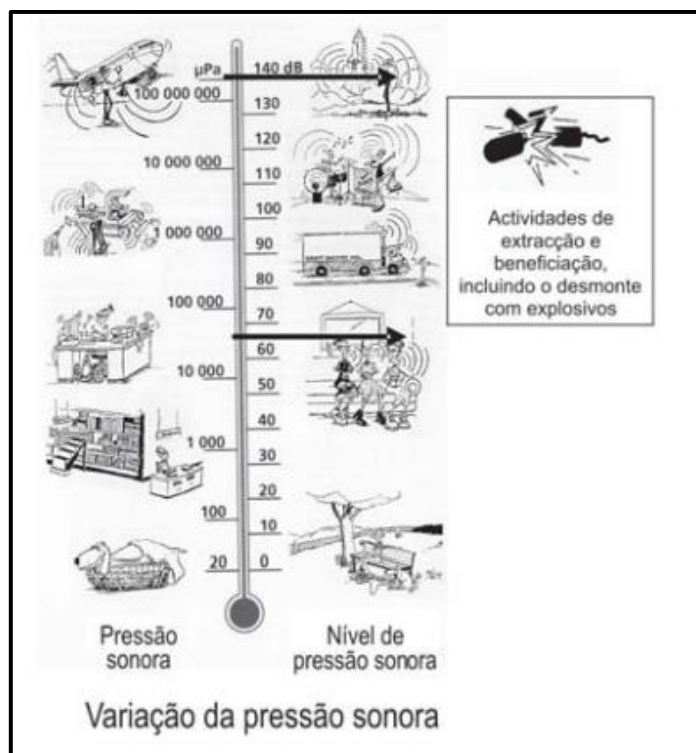


Figura 1: Pressão sonora e nível de pressão sonora.

Fonte: (Nuno Ferreira, 2010)

2.4.2 Frequência e espectro

Ao considerar-se um ponto da onda sonora, verifica-se que a pressão oscila um determinado número de vezes por segundo à volta da pressão atmosférica.

O número de flutuações ou períodos por segundo (hertz) define a frequência ou altura do som.

$$f = \frac{1}{T}$$

Em que:

f – frequência, em hertz;

T – período, em segundos.

Contudo, a maior parte dos ruídos industriais não são sons puros, mas sim ruídos complexos para cada frequência.

Este tipo de análise, chama-se espectral ou análise por frequência e costuma ser representada graficamente num sistema de eixos onde as frequências se situam no eixo das abcissas e os níveis sonoros no eixo das ordenadas.

A escala de frequências é, usualmente, dividida em três grandes grupos:

- Infrassons;
- Gama de frequências audível;
- Ultrassons.

A gama audível compreende os sons cujas frequências vão desde 20 a 20000 Hz e, como o seu nome sugere, é suscetível de provocar reação ao nível da audição humana. Abaixo de 20 Hz situam-se os infrassons, e acima de 20000 Hz, os ultrassons.

A gama audível está dividida em 10 grupos de frequências designadas por oitavas. Cada oitava, por seu turno, está subdividida em 3 grupos de terços de oitava (Miguel, 2014).

2.4.3 Anatomia e fisiologia da audição e audibilidade

O órgão da audição divide-se em três partes: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno. Do ponto de vista funcional, o ouvido externo e o ouvido médio estão associados com vista à receção dos sons e transformação de energia acústica em energia mecânica. O ouvido interno transforma esta energia numa série de impulsos nervosos que vão representar os fenómenos acústicos. (Miguel, 2014).

Em virtude da estrutura do aparelho auditivo e das características do sistema nervoso relacionadas com a audição, reage-se de modo diverso aos sons de diferentes frequências, não obstante um mesmo nível de pressão sonora.

O nível de audibilidade é medido em fones (F) e corresponde, por definição, ao nível de pressão sonora de um som com uma frequência de 1000 Hz. A unidade de intensidade audível é o sone (S), definido como a intensidade audível de um estímulo sonoro com a frequência de 1000 Hz e um nível de pressão de 40 dB. A relação existente entre estas duas grandezas é a seguinte:

$$s = 2^{\frac{F-40}{10}}$$

Assim, uma alteração de 10 fones em um nível de intensidade audível corresponde a duplicar ou a reduzir a metade a intensidade audível.

Experimentalmente, é possível estabelecer linhas isofónicas ou de igual nível de audibilidade a partir do estudo estatístico das variações na sensação sonora experimentada por um elevado número de indivíduos jovens com audição normal, ver Figura 2. Tal é objetivo da norma ISO 226:2003 (Miguel, 2014).

Na prática, para que um aparelho de medição do ruído se comporte como o ouvido é necessário introduzir-lhe um filtro.

Existem vários tipos de filtros normalizados que correspondem, de uma forma não linear, às diferentes frequências, designando-se geralmente por filtros de ponderação (A, B, C, D), ver Figura 3. A mais importante a nível de ruído industrial é a malha de ponderação, A, que traduz aproximadamente a resposta do ouvido humano. Os valores das medições feitas através da malha A são seguidos pela designação decibel A, dB (A) (Miguel, 2014).

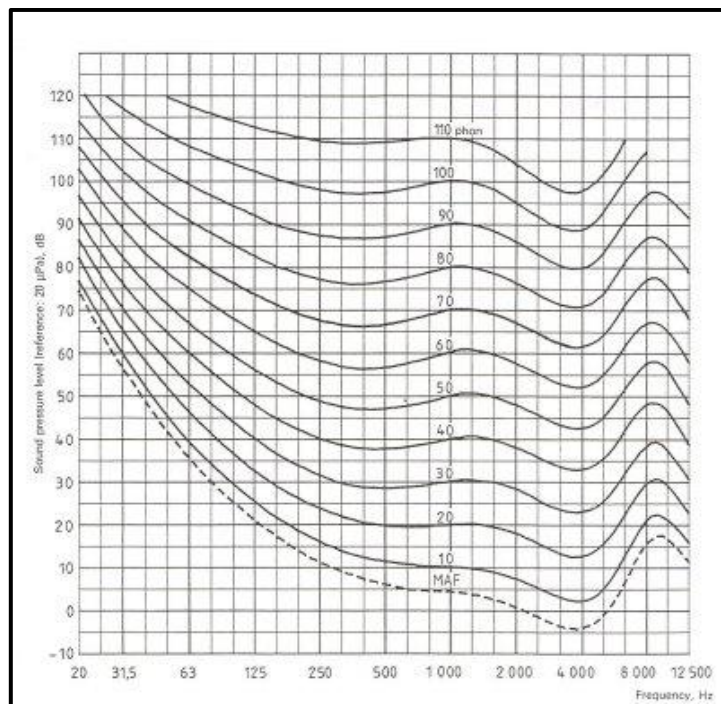


Figura 2: Representação gráfica das linhas isofônicas normais para sons puros⁷.

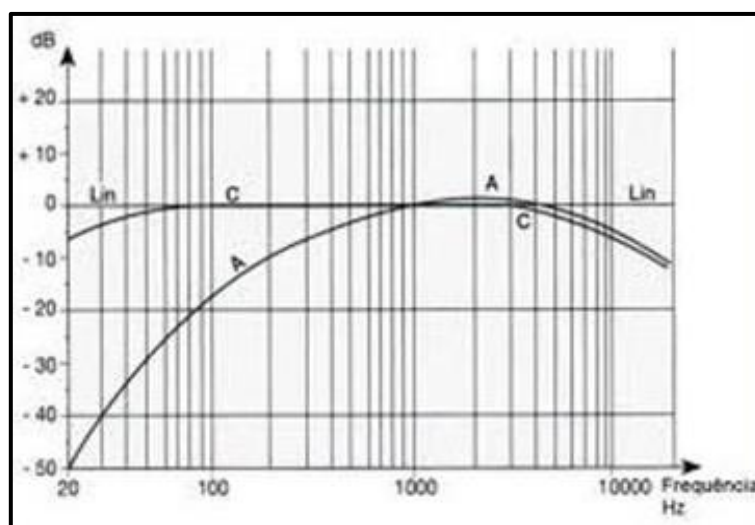


Figura 3: Filtro de ponderação⁸

2.4.4 Tipos de ruído

A norma ISO 2240:2003 classifica segundo estes parâmetros os tipos de ruído mais frequentemente encontrados na prática. O espectro de ruído pode ser contínuo ou com sons puros audíveis. O ruído pode classificar-se em estacionário ou uniforme e não estacionário.

O ruído não estacionário pode ser subdividido em três tipos: contínuo, intermitente e impulsivo (Miguel, 2014), como é demonstrado na Figura 4.

⁷ <http://acustica.ing.unibo.it/Courses/AA/faq/rispofaq.htm> (acedido a 05/12/2017)

⁸ <https://segurancadotrabalhonwn.com/as-curvas-do-ruído/> (acedido a 05/12/2017)

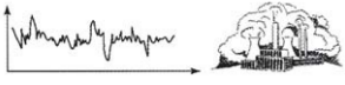
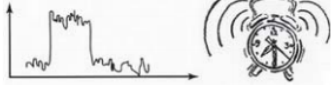
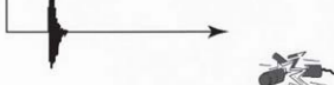
Ruído contínuo	Ruído intermitente	Ruído impulsivo
		
Ruído cujos níveis de pressão sonora e espectro de frequência se mantêm constantes no tempo.	Ruído cujos níveis de pressão sonora e o espectro de frequência variam em intervalos bem definidos, podendo ser periódicos (típico da operação de perfuração).	Ruído de muito curta duração (< 200ms) e com um nível de pressão sonora bastante elevado (típico da detonação de substâncias explosivas).

Figura 4: Tipos de ruído.

Fonte: (Ferreira & Guerreiro, 2010)

As principais fontes de ruído a considerar na exploração de pedreiras e minas devem considerar, não só a detonação, mas também as operações a montante e a jusante desta, designadamente a perfuração (consiste na fragmentação localizada da rocha para aplicação dos explosivos), a remoção (consiste na limpeza do material desmontado e transporte para a instalação de beneficiação) e a beneficiação do minério (central de britagem, de lavagem, entre outras). Algumas das principais fontes de ruído relacionadas com as operações referidas apresentam-se Figura 5, (Nuno Ferreira, 2010). Na Figura 6, segundo (Harper & O' Brien, 2006), está esquematizado um desenho sobre a previsão da reverberação do ruído na operação de perfuração, no campo livre o nível de ruído é cerca de 105 dB, num ambiente semi-reverberante é aproximadamente de 112 dB, e em ambientes reverberante como os meios subterrâneos chegam aos 115 dB, uma diferença de 10 dB comparados aos ruídos em campos livres.

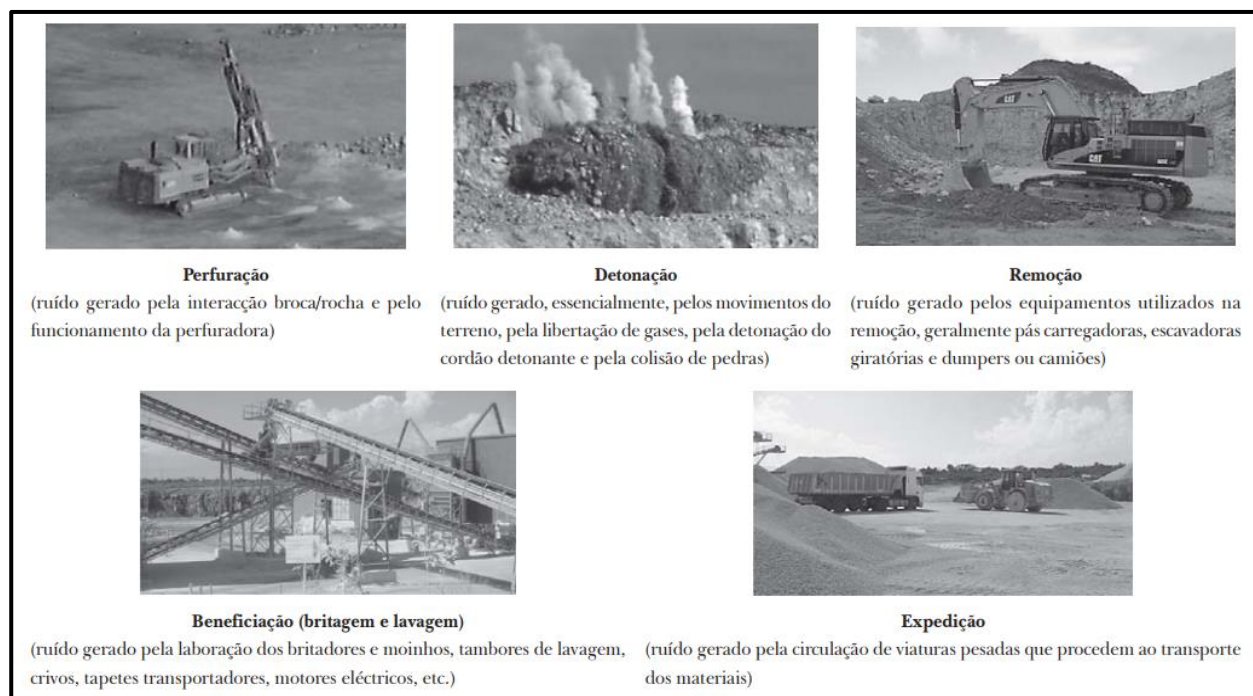


Figura 5: Principais fontes de ruído associadas à laboração de pedreiras e minas a céu aberto.

Fonte: (Ferreira & Guerreiro, 2010)

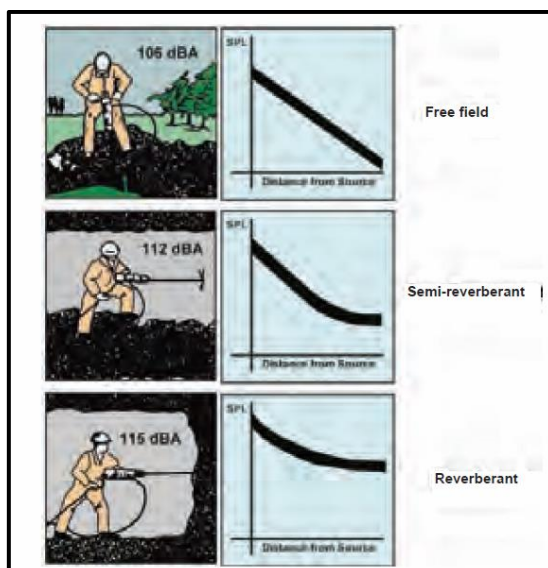


Figura 6: Previsão do ruído de perfuração, em campo livre, campo semi e reverberante.

Fonte: (Harper & O' Brien, 2006).

2.5 Conhecimento científico

2.5.1 Metodologia de revisão

A metodologia utilizada para a elaboração do tema desta dissertação foi baseada na metodologia PRISMA® (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*)⁹.

A primeira etapa foi selecionar as palavras-chaves referente ao objetivo do tema da dissertação e pesquisar em diferentes Bases de Dados e Revistas Científicas disponível na biblioteca¹⁰ on-line da FEUP.

As palavras-chaves utilizadas nesta pesquisa foram combinadas em diferentes grupos, sendo o Grupo A, a funcionar como o grupo da 1ª palavra-chave fundamental que aplicados e combinados com a 2ª palavra-chave pertencentes ao grupo B e C permite uma melhor eficiência na pesquisa bibliográfica.

As várias palavras-chaves utilizadas para a pesquisa e combinadas pelo operador lógico booleano OR, estão em inglês, um dos critérios exigidos pela elegibilidade:

- Grupo A: “Occupational noise” or “Noise exposure”
- Grupo B: “Mining” or “Open pit mine” or “Quarry” or “Open cast”
- Grupo C: “Equipment quarry rock” or “Drilling equipment” or “Dumper equipment” or “Truck equipment” or “Loader”

⁹ <http://www.prisma-statement.org/> (acedido em 15/11/2017)

¹⁰ <http://metalib.fe.up.pt> (acedido em 15/11/2017)

Os diferentes grupos de palavras-chaves combinadas com o operador lógico booleano AND foram pesquisados pelo campo: *Article title, Abstract, Keywords* (nem todas permitiram tal pesquisa) nos diferentes tipos Bases de Dados e Revistas Científicas:

- A&B
- A&C
- A&B&C

As Bases de Dados e Revistas Científicas selecionadas para a pesquisa foram:

- *Academic Search Complete*
- *Science Direct*
- *Scopus*
- *Springer Link*
- *Taylor and Francis*
- *Web of Science*
- *Wiley Online Library*

Como estratégia de melhoria do resultado da pesquisa definiu-se como critério de exclusão os seguintes itens:

- **Data:** eliminar os artigos que estão antes de 2010, por forma a favorecer o conhecimento e tecnologia mais recente (não invalida a necessidade de recorrer a artigo mais antigo caso seja necessário justificar determinadas metodologias) – **1674 documentos eliminados;**
- **Tipo de artigo:** eliminar os artigos que não estejam disponíveis em texto integral ou que estejam em capítulos de livros – **518 documentos eliminados;**
- **Língua:** eliminar os artigos que não estejam em inglês ou em português – **12 documentos eliminados;**
- **Fora de tema:** eliminar os artigos cujo tema não esteja direcionado para o ruído ocupacional no sector industrial mineiro e o seu impacto na saúde dos profissionais desse sector – **383 documentos eliminados.**
- Artigos duplicados – **76 artigos eliminados** porque estavam duplicados.

Os critérios de inclusão para este trabalho consiste em artigos que especifica os resultados em:

- Efeitos do ruído ocupacional e o seu impacto na saúde dos trabalhadores;
- Trabalhadores da indústria mineira a céu aberto (não excluir os trabalhadores de construção civil que apresentam tarefas semelhantes aos trabalhadores de pedreiras);
- Minas a céu aberto/pedreiras.

No final, obtiveram-se 30 artigos para análise baseada na metodologia PRISMA®.

2.5.2 Fundamentação na área da saúde

A prevenção da PAIR (Perda Auditiva Induzida por Ruído), deve ser estrutura em duas áreas distintas, embora a atuar simultaneamente.

A primeira área descrita será na área da saúde em que técnicos submeteram trabalhadores a exames médicos e a inquéritos. A segunda área de atuação é pela via tecnológica em que mediram o ruído e analisaram máquinas com o objetivo de reduzir e controlar o ruído.

Segundo M. Matos, Baptista, & Diogo (2011), a capacidade auditiva deteriora-se com a idade na generalidade da população. A Norma ISO 1999 (2013) permite ter uma previsão da distribuição da perda auditiva induzida por ruído (PAIR) associada à idade permitindo estimar a probabilidade de uma dada perda. A capacidade auditiva deteriora-se mais com a idade nos homens do que nas mulheres.

Baseado na ISO 1999 (2013), a Tabela 14, mostra a extensão da PAIR que pode ser esperada para um trabalhador com uma vida de trabalho de 45 anos, diariamente exposto a níveis de ruído contínuo de 80, 85, 90 e 95 dB (A). Os valores apresentados são para a PAIR na frequência de 4 kHz, que é a frequência prevista para dar a maior perda de audição. De notar que a perda auditiva é mínima, para uma exposição a 80 dB (A) e aumenta para níveis mais elevados com o crescimento deste valor pelos autores Lutman, Davis, & Ferguson, 2008 (M. Matos et al., 2011).

Tabela 14: PAIR prevista na ISO 1999 para um trabalhador exposto a elevados níveis de ruído durante de 45 anos.

	Frequência onde é prevista a maior perda auditiva 4KHz (dB)	Nível de exposição diária (dB(A))			
		80	85	90	95
(M. Matos et al., 2011)	PAIR (média (%))	1,7	6,6	14,9	26,5

Mas o ruído não é o único fator de *stress* no local de trabalho passível de ter impacto na audição dos trabalhadores. Aliada ao ruído, a vibração poderá ter um efeito sinérgico negativo no sistema auditivo. Certos agentes químicos, definidos como ototóxicos, causam, também, danos no sistema auditivo. Entre os presentes no ambiente ocupacional típico da atividade extrativa podem estar os solventes, o monóxido de carbono entre outros, tornando imperativa a preocupação com a exposição combinada (M. Matos et al., 2011).

Na Tabela 15, estão descritas todas as doenças associadas ao ruído ocupacional elencadas pelos diferentes autores.

Tabela 15: Doenças profissionais relacionadas com a exposição ao ruído ocupacional

Autor	País	Doenças profissionais relacionadas
(Camargo, Peterson, Kovalchik, & Alcorn, 2010)	EUA	PAIR
(Spencer, 2010)	EUA	PAIR
(Arezes & Miguel, 2002)	Portugal	PAIR, distúrbios no sono, perturbações do equilíbrio psicológico e outros efeitos adversos para a saúde; obstáculo às comunicações verbais e sonoras podendo provocar fadiga geral e, em casos extremos, trauma acústico e alterações fisiológicas extra-auditivas.
(Landen, Wilkins, Stephenson, & McWilliams, 2004)	EUA	PAIR

Autor	País	Doenças profissionais relacionadas
(Harper & O' Brien, 2006)	África do Sul	PAIR
(Phillips et al., 2006)	África do Sul	PAIR
(C Sensogut, 2007)	Turquia	PAIR, aumento da pulsação, aumento da pressão sanguínea e estreitamento dos vasos sanguíneos, nervosismo, insônia e fadiga.
(Cem Sensogut & Cinar, 2007)	Turquia	PAIR
(Fernández et al., 2009)	Espanha	PAIR, deterioração física, psíquica e social, causa vários riscos para a segurança e saúde dos trabalhadores porque pode mascarar os sons da fala e de alarmes, problemas vocais, como nódulos, perda da voz e anomalias nas cordas vocais, caso seja necessário comunicar em ambientes ruidosos, aumento da pressão arterial, ansiedade e déficit de atenção, absentismo, acidentes e baixo rendimento.
(Ferreira & Guerreiro, 2010)	Portugal	PAIR, afeta o nível fisiológico e psicológico como problemas em dormir, <i>stress</i> , problemas de concentração, etc.
(Fernandez, Quintana, Ballesteros, & Chavarría, 2010)	Espanha	PAIR, deterioração física, psíquica e social.
(Edwards et al., 2011)	África do Sul	PAIR, limitação da capacidade de comunicação, limitações em ouvir sinais de alerta afetando a segurança e produtividade
(Dekker, Edwards, Franz, Van Dyk, & Banyini, 2011)	África do Sul	PAIR
(Onder et al., 2012)	Turquia	PAIR, provoca graves efeitos psicológicos e sociais, perturbações emocionais, reações de ansiedade, insónias, problemas hormonais, aumento da pressão sanguínea, aumento do risco do miocárdio e má qualidade de vida e bem-estar no geral
(M. Matos et al., 2011)	Portugal	PAIR, limitação na audição, aumento da fadiga e da ansiedade, perturbação no sono e problemas cardiovasculares, zumbidos nos ouvidos; dificuldade em distinguir os avisos sonoros, prejudica a comunicação, aumento do risco de acidentes de trabalho.
(Pandey et al., 2013)	Índia	Perda auditiva, instabilidade da pressão arterial, distúrbios do sono, perda sensorio-neural da audição, fadiga, ininteligibilidade da fala, irritação, perda da produtividade humana, absentismo, comunicação perturbada, acidentes
(Cinar & Sensogut, 2013)	Turquia	PAIR, causa muitos efeitos fisiológicos e psicológicos, afeta a eficiência no local de trabalho.
(Gupta, Roy, & Rajan Babu, 2012)	Índia	PAIR, aumento da pulsação, aumento da pressão arterial, nervosismo, ansiedade, insónias e afeta o comportamento e saúde humana.
(Chadambuka, Mususa, & Muteti, 2013)	Zimbabué	PAIR, problemas em reconhecer a fala, deficiências comunicativas sociais, má qualidade de vida relacionadas com o isolamento, redução de atividades sociais com o sentimento de ser excluído, sintomas de depressão.
(Filza Ismail et al., 2013)	Malásia	PAIR, transtorno de ansiedade, distúrbios de humor, distúrbios de personalidade e esquizofrenia, problemas nas comunicações.
(Fisne & Okten, 2013)	Turquia	PAIR, ansiedade, irritação, dificuldade na comunicação verbal e riscos de segurança.
(Masterson et al., 2013)	EUA	PAIR
(Said et al., 2014)	Malásia	PAIR, perda da capacidade de comunicar, aumento da pressão arterial e risco de doença cardiovascular.
(Gyamfi et al., 2016)	Gana	PAIR, aumento da pressão sanguínea, insónias, irritação e ansiedade, mudança do descolamento do limite auditivo.
(Lutz et al., 2015)	EUA	PAIR, problemas crónicos de saúde cardiovascular, aumento do risco de acidentes e lesões.
(Tripathy & Rao, 2015)	Índia	PAIR, redução da qualidade de vida, distúrbios fisiológicos, irritabilidade, baixa eficiência, distúrbios patológicos e psicológicos
(Musiba, 2015)	Tanzânia	PAIR
(Liu et al., 2016)	China	PAIR, hipertensão arterial, distúrbio na qualidade do sono cansando sonolência diurna, distúrbios do sistema nas respostas fisiológicas e psicossociais, alterações hormonais do sistema endócrino hipotálamo-hipófise.

Na Tabela 16, apresenta os resultados dos inquéritos feitos aos trabalhadores, a percentagem do uso de protetores auditivos para prevenir a PAIR, os seus conhecimentos, atitudes e práticas para a prevenção da PAIR, os exames audiométricos permitir saber a percentagem de trabalhadores expostos a PAIR, e o grau de gravidade quando exposto a longos períodos de tempo a um determinado ruído, a percentagem da prevalência de PAIR. Os resultados dependem das variáveis escolhidas (no quadro dados dos operadores) e do tratamento de dados, ou seja, das hipóteses de cada autor estipulou para o estudo da PAIR nos trabalhadores.

Tabela 16: Resultados dos inquéritos e dos exames audiométricos aos trabalhadores.

Autor	Amostra	Inquérito	Validade	Exames Médicos	Dados dos operadores	Tratamento de dados	Resultados
(Landen et al., 2004)	n=317	Sim	NR	• Exames audiométricos antes/depois trabalho	<ul style="list-style-type: none"> • Idade • Histórico médico • Exposição ao ruído nos tempos livres • Exposição ao ruído ocupacional • Uso de substâncias ototóxicas • Uso de protetores auditivos • Informações demográficas • Faz referência a EPI 	<ul style="list-style-type: none"> • Qi-quadrado para associação de grupo • O modelo de regressão linear para prever a surdez entre os homens • Teste-T para comparação de TWA • ANOVA para analisar a variância de vários grupos com múltiplas categorias. 	<ul style="list-style-type: none"> • 68,9% dos trabalhadores estiveram expostos ao ruído ocupacional recomendado pelo NIOSH • 41,4% excederam os níveis de ação superiores de ruído recomendados pelo MSHA • Exposições elevadas de ruído ocorreram nas pequenas empresas • Homens de raça negra tiveram exposições ao ruído mais elevadas • 66,2% indicaram que receberam proteção auditiva • 50,8% indicaram que receberam treinamento sobre a proteção auditiva • 8,7% usaram protetores auditivos • 43,7% usaram algumas vezes os protetores auditivos • 47,6% nunca usaram protetores auditivos • Os camionistas estiveram expostos a elevados níveis de ruído mas raramente usavam protetores auditivos.
(Cinar & Sensogut, 2013)	n=126	Sim	NR	NR	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de protetores auriculares • Experiência • Idade • Histórico médico • Tempo de inspeção • Anos de trabalho • Hábitos alcoólicos • Hábitos de fumador • Define tarefas de trabalho • Faz referência a EPI 	NR	<ul style="list-style-type: none"> • Resultados do grau de desconforto (ver na Tabela 17) • Recomendação de protetores auditivos • Manutenção das máquinas

Autor	Amostra	Inquérito	Validade	Exames Médicos	Dados dos operadores	Tratamento de dados	Resultados
(Chadambuka et al., 2013)	n= 169	Sim	18/02 até 08/03/2012	• Exames audiométricos	<ul style="list-style-type: none"> • Idade • Dados demográficos • Escolaridade • Conhecimentos de proteção auditiva • Faz referência a EPI 	• Teste do Qui-quadrado	<ul style="list-style-type: none"> • Não houve nenhum programa documentado de conservação auditiva na mina • 37% foi a prevalência de PAIR • O nível de ruído estava entre os 64 dB (A) nas áreas de administração e 108,5 dB (A) nas secções subterrâneas <p>No inquérito aos trabalhadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 56,9% referiram que o ruído interferiu na audição • 37,2% descreveram como som indesejado • 63,3% relataram ter ouvido falar da PAIR antes • 53,2% atribuíram a PAIR a causa de trabalhar em ambientes ruidosos • 40,8% sofreram de PAIR devido a não usarem proteção auditiva ou o seu uso impróprio • 5,9% atribuíram a PAIR devido a sons intermitentes muitos elevados • 82,8 relataram o uso de protetores auditivos • 7,5% usaram protetores auditivos quando entraram na áreas de ruído • 68,6% usaram protetores auditivos – tampões • 31,4% usaram protetores auditivos – abafadores <p>Nos exames audiométricos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 36,7% sofreram de PAIR <ul style="list-style-type: none"> ▪ 66,1% sofreram de PAIR suave ▪ 27,4% sofreram de PAIR moderada <p>6,5% sofreram de PAIR grave (ver definição na Tabela 20)</p>
(Filza Ismail et al., 2013)	n= 97	Sim	10/2009 até 07/2010	• Exames audiométricos	<ul style="list-style-type: none"> • Idade (entre 18-50 anos) • Dados demográficos • Histórico de ruído ocupacional • Histórico de ruído de lazer • Hábitos de fumador • Conhecimentos atitudes e práticas • Define tarefas de trabalho 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise de dados descritivos • Logística regressiva • Uso do <i>software PASW Statistics</i> 18 versão 18.0 	<p>Nos exames audiométricos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 57 % prevalência de PAIR <ul style="list-style-type: none"> ▪ 16% apresentaram PAIR severa ▪ 84% apresentaram PAIR moderada a ligeira (ver definição na Tabela 20). • Ver ainda nos 57 % prevalência de PAIR <ul style="list-style-type: none"> ▪ 62% tiveram PAIR bilateral ▪ 26% tiveram PAIR unilateral – lado esquerdo ▪ 13% tiveram PAIR unilateral – lado direito • 49% uso de EPI auditivos

Autor	Amostra	Inquérito	Validade	Exames Médicos	Dados dos operadores	Tratamento de dados	Resultados
					• Faz referência a EPI		
(Fisne & Okten, 2013)	n=2896	NR	NR	NR	<ul style="list-style-type: none"> • Define tarefas de trabalho • Faz referência a EPI 	<ul style="list-style-type: none"> • Homogeneidade dos grupos foi testado pela <i>ANOVA</i> • A normalidade de níveis de ruído testada por <i>Kolmogorov-Smirnov</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grupos homogêneos de exposição (com trabalhos semelhantes na exposição ao agente físico): 10 grupos para trabalhadores subterrâneos; 9 grupos para trabalhadores superficiais e 5 grupos para operadores de planta • Operadores de perfuração com $L_{EX, 8h}$ de 101 dB (A) • 67% (16 dos 24 grupos) excedem os valores limites de exposição de 87 dB (A)
(Masterson et al., 2013)	n=1.122.722	NR	2000-2008	• Exames audiométricos	<ul style="list-style-type: none"> • Idade (entre 18-65 anos) • Sexo • Anos de serviço • Hábitos de fumar • Escolaridade 	<ul style="list-style-type: none"> • Regressão log-binomial • Uso do <i>SAS</i> versão 9.2 <i>Statistical software</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • 18% dos trabalhadores apresentaram PAIR • 78% da amostra eram do sexo masculino • 26% pertenceram à faixa etária 36-45 anos (maior grupo) • 21% dos homens tiveram prevalência de PAIR • 8% das mulheres tiveram prevalência de PAIR • 27% prevalência de PAIR nas indústrias extrativas
(Said et al., 2014)	n=73	NR	NR	• Exames audiométricos	<ul style="list-style-type: none"> • Define tarefas de trabalho • Faz referência a EPI 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kruskal-Wallis</i> • <i>ANOVA</i> 	<p>Grau de gravidade à PAIR</p> <ul style="list-style-type: none"> • 54,8% dos trabalhadores tiveram boa capacidade auditiva • 41% dos trabalhadores tiveram perda moderada da capacidade auditiva • 4% dos trabalhadores tiveram perda severa da capacidade auditiva • 12,3% dos trabalhadores sofreram de PAIR acima de 51 anos • 2,74% dos trabalhadores usaram EPI auditivos <p>Nas áreas rodoviárias:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 31,5% dos trabalhadores estavam em nível de ruído de segurança < 85 dB (A) • 6,9% dos trabalhadores excederam o nível de ação > 85 dB (A) • 1,4% dos trabalhadores excederam os níveis permitidos por lei > 90 dB (A) • 32% prevalência de PAIR <p>Nas áreas comerciais:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 26,1% dos trabalhadores estavam em nível de ruído de segurança < 85 dB (A) • 4,1% dos trabalhadores excederam o nível de ação > 85 dB (A)

Autor	Amostra	Inquérito	Validade	Exames Médicos	Dados dos operadores	Tratamento de dados	Resultados
							<ul style="list-style-type: none"> • 45% prevalência de PAIR Nas áreas dos pavimentos: <ul style="list-style-type: none"> • 13,7% dos trabalhadores estavam em nível de ruído de segurança < 85 dB (A) • 13,7% dos trabalhadores excederam o nível de ação > 85 dB (A) • 5,48% dos trabalhadores excederam os níveis permitidos por lei > 90 dB (A) • 23% prevalência de PAIR
(Gyamfi et al., 2016)	n=400	Sim	04/2012 a 06/2012	<ul style="list-style-type: none"> • Exames físicos (exame otoscópio) • Exames audiométricos 	<ul style="list-style-type: none"> • Define tarefas de trabalho • Faz referência a EPI 	<ul style="list-style-type: none"> • Qi-quadrado para associação entre o trabalho e a perda de audição • Regressão logística para análise da influência da idade, duração da exposição e uso de protetores auditivos • Teste de correlação de <i>Pearson</i> entre a idade e o tempo de exposição. 	<ul style="list-style-type: none"> • 81,4% dos trabalhadores foram do sexo masculino • 24,7% dos trabalhadores tiveram experiência profissional pelo menos de 5 anos • 33% dos trabalhadores usaram EPI auditivos(tampões) • 44% dos trabalhadores apresentaram limiares auditivos 27,32 dB (A) superiores ao definido como limite de 25 dB (A) • 75% apresentaram PAIR suave • 18% apresentaram PAIR moderada • 5% apresentaram PAIR moderada a grave • 2% apresentaram PAIR grave (ver definição na Tabela 20)
(Lutz et al., 2015)	n=22	Sim	NR	NR	<ul style="list-style-type: none"> • Define tarefas de trabalho • Faz referência a EPI 	<ul style="list-style-type: none"> • Teste Wilcoxon rank-sum • Kruskal-Wallis com Bonferroni correções • Qui – quadrado • Correlação de Pearson e Spearman • Modelos de multivariadas • Teste F Uso do <i>STATA version 12 (StataCorp, LP, College Station, TX)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 66% dos valores de dosimetria tradicional excederam o TWA, 8h > 85 dB (A) • 34% dos testados por dosimetria intra-auricular excederam o TWA,8h > 85 dB (A) • 44% excederam os valores de TWA,8h permitido pelo MSHA.
(Musiba, 2015)	n=246	NR	NR	<ul style="list-style-type: none"> • Exames audiométricos 	<ul style="list-style-type: none"> • Idade • Sexo • Define tarefas de trabalho 	<ul style="list-style-type: none"> • Qui-quadrado 	<ul style="list-style-type: none"> • 47% prevalência de PAIR • 35% deficiência auditiva moderada • 12% audição pobre • 60% de proporção de PAIR na faixa etária 20-29 anos

Autor	Amostra	Inquérito	Validade	Exames Médicos	Dados dos operadores	Tratamento de dados	Resultados
(Liu et al., 2016)	n=738	Sim	NR	<ul style="list-style-type: none"> • Pressão arterial • Exames audiométricos 	<ul style="list-style-type: none"> • Idade • Altura • Peso • Sexo • Anos de serviço • Hábitos de fumar • Hábitos de beber • Exposição ao ruído • Uso de EPI • Histórico de saúde • Uso de drogas ototóxicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Teste-T • Teste do Qui-quadrado • Regressão logística • Regressão logística multivariada • Uso do SPSS13,0 <i>software</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Grupo de controlo com ruído inferior a 85 dB (A) • n=360 grupo exposto ao ruído; n=378 grupo controlo • 29,2% vs. 21,2% prevalência de hipertensão do grupo de exposto em relação grupo de controlo • 12,8% vs. 7,4%. A prevalência de PAIR no grupo exposto que o de controlo
(Onder et al., 2012)	n=23	NR	Julho 2009	<ul style="list-style-type: none"> • Exames audiométricos 	<ul style="list-style-type: none"> • Idade • Experiência • Exposição ao ruído • Tipo de ocupação • Define tarefas de trabalho 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos loglinear • Uso do SPSS <i>software</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • A ocupação profissional de maior os motoristas com níveis de ruído entre 70-79 dB (A), • PAIR na faixa etária do grupo de 46-54 anos.

Legenda: NR – Não refere

No estudo de Landen et al. (2004) foi feito um inquérito a 317 trabalhadores de agregados de areias e cascalho onde se abordavam questões sobre o seu histórico médico, exposição ao ruído ocupacional e de lazer e o uso de protetores auditivos. Os exames audiométricos realizados antes e após o período de turno, mas só 275 audiogramas é que foram validados e nas medições de ruído foram validados 309, os outros foram eliminados devido aos erros de leitura ou anomalias. Este artigo foi publicado em 2004 mas demonstrou a necessidade de programas de conservação auditiva porque os trabalhadores estavam expostos elevado de ruído quando comparados com o Valor limite recomendado pelo NIOSH e o MSHA. O uso de protetores auditivos foi baixo, os camionistas estiveram exposto ruído e raramente usavam os protetores auditivos, este estudo faz referência a um trabalho pesquisado por Seshagiri (1998), que motoristas de caminhão conduziam com a janela aberta e com o nível de rádio elevado e estavam expostos a um TWA_{8h} (*Time Weighted Average ou* média ponderada de tempo de exposição de 8 horas) acima de 85 dB (A) mas fechando as janelas do caminhão e baixando o volume do rádio reduzia significativamente a exposição ao ruído.

No artigo publicado por Cinar & Sensogut (2013), 126 trabalhadores de diferentes sectores mineiros responderam aos questionários para perceber o quanto a quantidade de ruído perturba esses trabalhadores. As perguntas do questionário elaboradas aos trabalhadores foram sobre o uso de protetores auriculares, experiência, idade, histórico médico, tempo de inspeção, anos de trabalho, hábitos alcoólicos e hábitos de fumador. Os investigadores pediram aos trabalhadores para usarem protetores auditivos nos locais onde o nível de desconforto fosse elevado. Na Tabela 17, está representada o grau de desconforto e o tipo de máquina usada (e os níveis de ruído) e o uso de protetores auditivos. O autor recomenda o uso obrigatório de protetores auditivos e a manutenção equipamentos como método de redução de ruído.

Tabela 17: Grau de desconforto ao ruído ocupacional.

Autores	Local de Medida (Ilgin Lignite Plant)	Nível de ruído equivalente, dB(A)	Grau de desconforto (0-5)	Uso pessoal de protetores
(Cinar & Sensogut, 2013)	Escavadora (Komatsu PC 450 LC)	73,6	1	Não
	Camião (Fatih 220/26)	75,5	1	Não
	Camião (Mercedes)	70,1	0	Não
	Camião (Ford Cargo2524)	67,8	0	Não
	Bulldozer (Komatsu D155A)	91,5	4	Protetores auditivos (abafadores)
	Martelo hidráulico (Daewoo 290)	85,1	3	Não

Fonte: (Cinar & Sensogut, 2013)

Segundo Chadambuka et al. (2013) no inquérito efetuado nesses estudos os trabalhadores relataram que foram treinados no uso de protetores auditivos mas era inexistente um programa de conservação auditiva. As áreas de ruído não tinham medidas de controlo de engenharia para reduzir os níveis de ruído. A Tabela 20, segundo, Gyamfi et al. (2016) refere a uma classificação sobre o grau de gravidade quando exposto a um determinado nível de ruído causará uma gravidade que

vai de leve a profunda da PAIR. Na distribuição de idade para os trabalhadores observou-se que o ruído perda auditiva induzida a 4 kHz como se mostra na Tabela 18. Existe uma relação direta entre PAIR e a duração da exposição. Quanto maior a duração da exposição ao ruído, maior a prevalência de PAIR. A relação entre a duração da exposição ao ruído e o desenvolvimento de perda auditiva na gama dos 4 kHz auditiva está demonstrada na Tabela 19, por Chadambuka et al. (2013), na Tabela 14, este assunto já tinha sido referido.

Tabela 18: Distribuição entre trabalhadores com PAIR com a idade.

Autor	Idade do trabalhador	N.º (Testados)	N.º Com PAIR%	N.º Sem PAIR%
(Chadambuka et al., 2013)	19-29	27	4 (15)	23 (85)
	29.1-39	93	25 (27)	68 (73)
	39.1-49	37	23 (62)	14 (38)
	49.1+	12	10 (83)	2 (17)
	Total	169	62 (37)	107 (63)

Qui-quadrado = 30,99; graus de liberdade = 3; $p < 0,01$, **Fonte:** (Chadambuka et al., 2013).

Tabela 19: Relação entre a duração de exposição com a PAIR.

Autor	Duração da exposição (Anos)	N.º (Testados)	N.º Com PAIR%	N.º Sem PAIR%
(Chadambuka et al., 2013)	1-5	85	23 (27)	62 (73)
	6-10	42	18 (43)	24 (57)
	11-15	33	16 (48)	17 (52)
	16-20	9	5 (55)	4 (45)
	Total	169	62 (37)	107 (63)

Qui-quadrado = 7,44; graus de liberdade = 3; $p < 0,01$, **Fonte:** (Chadambuka et al., 2013).

Tabela 20: Grau gravidade quando exposto a um intervalo de ruído.

Autor	dBA (intervalo)	Gravidade
(Gyamfi et al., 2016)	]26; 40]	Leve
	]41; 55]	Moderada
	]56; 70]	Moderada a Grave
	]71; 90]	Grave
	]91; +∞[	Profunda

Fonte: (Gyamfi et al., 2016).

O estudo realizado por Filza Ismail et al. (2013) em 6 pedreiras teve com o objetivo de avaliar o conhecimento, atitude e prática para PAIR e determinar a sua prevalência nos mineiros. Os trabalhadores, 39 operadores de britadores, 12 camionistas, 12 operadores de escavadoras, e 12 operadores de pá, foram submetidos ao exame audiométrico, a idade mínima de experiência profissional era de 6 meses, os selecionados tinham idade entre 18 a 50 anos, a fim de evitar a probabilidade de presbiacusia entre respondentes. Os inquéritos foram desenvolvidos e validados em língua malaia. Os valores de alfa Cronbach foram de 0.7, 0.9 e 0.8, respetivamente para os domínios de conhecimento, atitude e prática. As perguntas no domínio do conhecimento tiveram 7 subdomínios com 16 respostas de escolha múltiplas como o verdadeiro, falso ou não sabe, no domínio da atitude 7 subdomínios com 22 itens com a pontuação de 0 a 4 da escala de Likert (do discordo completamente até o concordo completamente), e no domínio da prática 2 subdomínios

com 11 itens, baseados na escala de Likert de 0 a 3 (nunca, raramente e muitas vezes). Os resultados obtidos foram a percentagem média do total das pontuações obtidas no estudo para conhecimento, atitude e prática no sentido PAIR foram 44% (11), 70% (10) e 28% (16), resultados foram abaixo do nível satisfatório especialmente no domínio da prática, segundo o Razman et al. (2008), o marcador deve ser mais do que 70% da pontuação total para estar num conhecimento satisfatório, isto pode levar a uma maior taxa de prevalência de PAIR no futuro. O nível de escolaridade dos entrevistados foi abaixo do nível secundário, exibindo ignorância sobre o uso de equipamento de proteção individual (EPI). No estudo atual, a percentagem de utilização de proteção individual adequada (isto é, abafadores de orelha) foi de apenas 49%. A causa da perda auditiva induzida por ruído unilateral não é bem compreendida, mas nos inquéritos, os trabalhadores mencionaram usar um ouvido para ouvir a máquina, especialmente quando pressentiam alguma anomalia no som da máquina. Os trabalhadores colocaram a orelha virada para um dos lados da fonte de ruído durante a execução das suas tarefas diárias (Filza Ismail et al., 2013).

Um estudo realizado nos Estados Unidos da América por Masterson et al. (2013) estimou a prevalência de PAIR nos sectores industriais. Tratou-se de um estudo de análise transversal de uma coorte retrospectiva analisando a influência do emprego num determinado sector industrial sobre a prevalência da PAIR e a idade da pré-reforma. A amostra final foi de 1.122.722 audiogramas feita aos trabalhadores, apresentados na Tabela 16. No sector da indústria extrativas a prevalência de PAIR foi umas das mais altas, com 27%, mas o sector da construção civil que apresenta semelhantes funções apresentou um valor também elevado de 23% de prevalência de PAIR. Nos subsectores da indústria extrativa, na extração a prevalência de PAIR foi 27,34% e nas atividade de apoio à extração foi de 25,18%, nos subsectores da construção civil, a construção de edifícios obteve uma prevalência de PAIR de 22,48% e de alta engenharia foi 25,87%. Dentro do subsector extrativo foi nas pedreiras, e na exploração de minerais não metálicos que os valores de prevalência de PAIR foram mais elevados, cerca de 29,35%. O autor recomenda a melhoria das estratégias de controlo de engenharia e estratégias de conservação auditiva mais restritas, e a aplicação de regulamentos que necessitam ser revistos.

O artigo publicado por Gyamfi et al. (2016) foi sobre um estudo transversal elaborado em 5 pedreiras no Gana, onde 400 trabalhadores foram submetidos a exames audiométricos antes de começar o turno e também a um exame otoscópico, as variáveis neste trabalho foram a idade, duração de exposição, sexo e uso de protetores auditivos. Os valores de medição variaram entre os 85,5 a 102,7 dB (A) e demonstram que os níveis de ruído produzidos excedem os níveis de limiar auditivos de 85 dB (A). As máquinas de perfuração apresentaram valores de ruído de 89,4 dB (A), 96,2 dB (A), 95 dB (A), 97 dB (A), 94,9 dB (A) e as escavadoras apresentaram valores de ruído 97,1 dB (A), 95,6 dB (A), 94,9 dB (A), 89,5 dB (A), 88,6 dB (A) respetivamente para as pedreiras de A. Kanin, KAS, Taysec, Northern Quarry e Siemens. A média dos valores de limiares auditivos para a frequência de 4kHz foram para as anteriores pedreiras de 33,91 dB (A), 24,33 dB (A), 24,33 dB (A), 29,98 dB (A), 26,43 dB (A) quando o valor de referência deveria inferior a 25 de limiar auditivo para 4kHz dB (A) (Gyamfi et al., 2016).

O trabalho elaborado por Lutz et al. (2015) numa perfuração de poços em profundidade numa mina subterrânea testou 5 tipos de protetores auditivos, o *Acusonix* (material de espuma, 30), o *Fusion LG* (tamanho grande, material de borracha plástica, 25), o *Fusion S* (tamanho pequeno, material de borracha plástica, 25), o *Matrix* (TPE material de espuma, 29), o *Smartfit* (material moldado com TPE com inserção de metal, 25) e dois tipos de dosímetro, o dosímetro tradicional e o dosímetro intra-auricular. Neste estudo houve diferenças entre as medições de dosímetro tradicional e as medições intra-auricular, mas não houve diferença estatística significativamente observada entre o tipo de protetores auditivos e a diferença de audição em TWA_{8h} . Segundo o autor, os investigadores não tiveram permissão para ir ao subsolo registar os dados, e tiveram a percepção que os trabalhadores não souberam usar os protetores auditivos corretamente o que levou a uma amostra pequena para o estudo.

No estudo realizado por Musiba (2015), a proporção de PAIR aumenta com o total de anos exposto ao ruído, revelando que os trabalhadores de minas subterrâneas foram mais afetados, correspondendo a 71%, enquanto os 28% corresponde aos trabalhadores da mina céu. A Tabela 21, apresenta os níveis de ruído em semelhantes tarefas numa mina subterrânea comparado com as minas a céu aberto.

Tabela 21: Comparação de ruído entre a mina subterrânea com a mina céu aberto.

Autor	Subterrâneo		Céu aberto	
	Tarefa	TWA_{8h} dB (A)	Tarefa	TWA_{8h} dB (A).
(Musiba, 2015)	Operador de Jumbo (perfuração)	101	Operador <i>Dozer</i>	89
	Ajudante de Jumbo (perfuração)	97	Operador de perfuração	98
	Operador <i>Jackleg</i> (perfuração)	105	Operador de niveladora	93
	Perfuração <i>Alimak</i>	108	Operador de camião de transporte	81
	Operador de camião	101	Operador de escavadora	90
	Operador <i>Long Hole</i> (perfuração)	95	Operador de camião de água	87

No estudo realizado por Liu et al. (2016) testou em dois grupos, um exposto ao ruído e outro de controlo, a prevalência de hipertensão com a prevalência de PAIR, quando expostos a um $L_{EX,8h}$ de 60 a 110 dB (A). O grupo exposto ao ruído apresentou uma hipertensão superior ao grupo de controlo 29,2% vs. 21,2%. A prevalência de PAIR em baixas frequências foi mais significativa no grupo exposto que no de controlo, 12,8% vs. 7,4%.

Na investigação realizada por Onder et al. (2012), através de modelos loglineares analisou a previsão de PAIR em $n=27$ trabalhadores de uma pedreira de compostos de calcários, as quatro variáveis de estudo: a experiência, o nível de ruído, a idade dos trabalhadores e o tipo de ocupação, fazendo interações entre as variáveis de segunda até quarta ordem. A ocupação profissional de maior risco foram os motoristas que estiveram expostos níveis de ruído entre 70-79 dB (A), e registou-se a PAIR na faixa etária do grupo de 46-54 anos.

2.5.3 Fundamentação na área tecnológica

A Tabela 22, apresenta a recolha dos dados no posto de trabalho segundo a pesquisa bibliográfica. Na investigação elaborada por Camargo et al. (2010), foi testado em laboratório dois tipos de máquinas perfuradoras, um martelo pneumático de modelo Gardner Denver S83 e uma perfuradora elétrica modelo Hilti TE MD20, no martelo pneumático foi testado com e sem silenciador para testar as diferenças de pressão sonora. Os testes foram executados em dois tipos de blocos, um bloco de granito com uma resistência à compressão de 138 MPa e outro bloco de betão com resistência à compressão de 41,3 MPa. A perfuradora elétrica teve pressões sonora no bloco de granito de 115,3 dB (A) e o martelo pneumático pressão sonora de 123,4 dB (A). A comparação dos níveis da perfuradora elétrica com os níveis da perfuradora pneumática com silenciador revela uma maior redução do ruído, isto é, entre 2 e 9 dB (A). A pressão sonora para a perfuração do betão foi na perfuradora elétrica uma diferença de 10,5 dB (A) em relação ao pneumático sem silenciador, e de 7,2 dB (A) com silenciador. No granito a diferença de pressões sonoras entre a perfuradora elétrica e o martelo pneumático sem silenciador foi de 8,1 dB (A) e com silenciadora foi de 4,8 dB (A).

Tabela 22: Recolha de dados do posto de trabalho.

Autor	Equipamento de Medição	Método/Parâmetro de Recolha/Tipo de resultados	Norma / Ano	VLE	VAI ou VAS	Gama de frequências
(Camargo et al., 2010)	Dosímetro	Dose acumulada, L_{Aeq}	--	Sim, <i>PEL</i> *	--	Frequências em 1/3 de oitava
(Spencer, 2010)	Dosímetro com respetiva configuração	TWA_{8h} ; Dose, Tempo de duração	--	--	--	--
(Cerqueira, Matos, & Baptista, 2014)	Sonómetro	L_{Aeq} , L_{min} , L_{max}	ISO 9612:2011	Sim	Sim	--
(C Sensogut, 2007)	Sonómetro Classe 2	L_{eq} com intervalos de tempo	Normas Turcas 2711-2604	--	--	--
(Cem Sensogut & Cinar, 2007)	Sonómetro Classe 2	L_{eq} com intervalos de tempo	Normas Turcas 2711-2604	--	--	--
(Engel & Kosafa, 2007)	Sonómetro	L_{Aeq} , L_p (LIN), L_{Cpico} , L_{Amax} , L_{Amin}	PN-EN ISO 3746	Sim	Sim	Frequências em 1/3 de oitava
(Fernández et al., 2009)	Sonómetro classe 1 e Dosímetro classe 2	L_{Aeq} , $L_{EX,8h}$, L_{Cpico} , Dose	ISO 1999:1990; ISO 9612:1997	--	--	--
(Ferreira & Guerreiro, 2010)	Sonómetro	L_{Aeq} , L_{Cpico}	NP 1730 (1996)	Sim	Sim	Frequências em 1/3 de oitava
(Fernandez et al., 2010)	Dosímetro	L_{Aeq} , L_{Cpico}	ISO 1999:1990; ISO 9612:1997	--	--	--
(Edwards et al., 2011)	Dosímetros	L_{Aeq} ; dose de ruído, tempo de duração com desvio padrão	Normas locais	Sim	Sim	--
(Pandey et al., 2013)	Dosímetro	TWA_{8h}	Normas locais	Sim	Sim	--
(Cinar & Sensogut, 2013)	Sonómetro	L_{eq} , com intervalos de tempo	Normas Turcas 2711-2604	--	--	--
(Gupta et al., 2012)	Sonómetro	L_{eq} , com intervalo de tempo, diferentes distâncias e direções, dose	Normas locais	Sim	Sim	--
(Fisne & Okten, 2013)	Sonómetro Classe 1	L_{Aeq} , $L_{EX,8h}$, Dose	ISO 1999:1990; ISO 9612:1997	Sim	Sim	--

Autor	Equipamento de Medição	Método/Parâmetro de Recolha/Tipo de resultados	Norma / Ano	VLE	VAI ou VAS	Gama de frequências
(Said et al., 2014)	Dosímetro	TWA _{8h} ≈ L _{eq} , L _{Cpico}	ISO 9612	Sim	Sim	- -
(Lutz et al., 2015)	Dosímetro	TWA _{8h}	Normais locais	Sim PEL*	- -	- -
(Tripathy & Rao, 2015)	Sonómetro, Classe1	L _{Aeq}	ISO 1999:1990; ISO 9612:1997	Sim PEL*	Sim	Frequências em 1/3 de oitava

Legenda: PEL* – *Permissible exposure limits*: o TWA é o equivalente L_{eq} mas para 8h

No artigo de Spencer (2010) analisou a dose de ruído nas minas subterrâneas para determinar que tipo de equipamentos, tarefas, localizações e outros fatores foram responsáveis pelo ruído no trabalhador. Os resultados apresentados foram para o operador de camião média do TWA_{8h} de 97 dBA, e a dose diária foi de 261%, operador de LHD (*Load-Haul-Dump* – veículo de carga-descarga e transporte) média do TWA_{8h} de 96 dBA, e a dose diária foi de 235%, operador de perfuração de vara simples média do TWA_{8h} de 96 dBA, e a dose diária foi de 221%, operador de perfuração de duas varas média do TWA_{8h} de 93 dBA, e a dose diária foi de 163%. Os resultados dos estudos da mina de ouro mostraram que os trabalhadores de 68 operadores, excederam a dose diária recomendada pelo PEL (*permissible exposure limit* – limite legal para um agente físico como o ruído nos Estados Unidos) da MSHA.

Na Tabela 23, apresenta as características de cada equipamento em estudo e na Tabela 24, estão representados os níveis de ruído em cada tarefa, no estudo desenvolvido por Cerdeira (2014) numa pedreira portuguesa.

Tabela 23: Características do equipamento segundo Cerdeira et al.

Autor	Características	Carro de perduração	Escavadora Giratória com balde	Escavadora Giratória com martelo hidráulico	Dumper
(Cerdeira et al., 2014)	Marca	ATLAS COPCO	HITACHI	CATERPILLAR	VOLVO
	Modelo	742HC02	ZX 520	325B LN	A35 D
	Ano de fabrico	1992	2008	n/d	2005
	Estado de equipamento	Bom	Bom	Bom	Bom

Na análise dos valores obtidos pelo carro de perfuração, verificou-se a existência de valores de aceleração significativamente mais elevados quando este equipamento se deslocou entre dois furos do que durante a furação. O inverso ocorre com o ruído, para o qual os valores mais elevados ocorrem durante o processo de furação (Cerdeira et al., 2014). No *Dumper*, cujas atividades apresentaram maior diversidade, foi possível identificar cada uma delas. Durante a espera, o ruído e as vibrações diminuem significativamente, resultado da pouca atividade mecânica dos equipamentos; ao retomarem a atividade, os níveis voltam a subir. Neste equipamento foi possível identificar claramente cada uma das tarefas desenvolvidas (carga, transporte carregado, descarga, regresso descarregado) (Cerdeira et al., 2014).

Tabela 24: Valores dos níveis de ruído, segundo Cerdeira et al.

		Material Medido	L_{Aeq} específico dB(A)	L_{min} dB(A)	L_{max} dB(A)
(Cerdeira et al., 2014)	Carro de Perfuração	1.º Furo	91,8	82,5	99,2
		2.º Furo	98,2	82,7	108,1
		3.º Furo	93,4	78,4	102,1
		Recolha varas	90,9	78,1	110,5
	Escavadora c/ balde	Espera/mov. de blocos	78,3	65,1	89,6
		Carga no Dumper	77,8	69,9	87,6
		Espera/seleção bloco	69,6	58,1	80,8
	Escavadora c/ martelo hidráulico	Taqueio	80,2	63,6	89
		Circulação Vazio	75,2	69,5	83,7
	Dumper	Carga	71,2	60,8	82,3
		Descarga	73,3	64,1	84,4
		Circulação Carregado	76,4	64,4	86,7

Num *Case Study* publicado por Cem Sensogut & Cinar (2007), foram feitas varias medições a vários equipamentos onde testou os efeitos da inclinação e do vento sobre o ruído, Tabela 25, Tabela 26 e Tabela 27. As medições de ruído efetuadas em cada tarefa e comparadas com a janela aberta ou com ela fechada, demonstrou que equipamentos com cabine de isolamento e com a janela fechada, não é excedido o nível de ruído o que já não acontece quando a janela é aberta.

Tabela 25: Valores dos níveis de exposição equivalente ponderada do ruído da Pá Carregadora, segundo Sensogut & Cinar.

Autor	Pá carregadora	Número de medições	L_{eq} , dB (A)
(Cem Sensogut & Cinar, 2007)	PH 37	493	80,1
	PH 35	340	78,4
	PH 33	321	80,1
	PH 30	132	79,7

Tabela 26: Valores do ruído dos equipamentos com janela fechada ou aberta segundo Sensogut & Cinar.

Autor	Posição	Tempo médio (s)	Janela fechada (dB)	Janela aberta (dB)
(Cem Sensogut & Cinar, 2007)	Parado	51	66	85,5
	Manobra ao lado da pá	48	72,3	89,7
	Esperando ao lado da pá	111	70,3	82,8
	Carga instantânea	138	72,5	86,1
	Transporte carregado	82	77,1	95,7
	Manobra na área da descarga	36	74	90,8
	Descarga	30	76	94,2
	Transporte vazio	98	77,8	94,7
	Ruído equivalente para um ciclo (L_{eq})		73,3	89,2

Tabela 27: Medições dos equipamentos quando circulam nas estradas.

Autor	Estrada	Número de medidas	L_{eq} (dB)
(Cem Sensogut & Cinar, 2007)	1º Estrada	394	71,2
	2º Estrada	376	69,4
	Combinação de estradas	418	72,3

No artigo elaborado por Fernández et al. (2009), uma amostra de 40 trabalhadores, 27 (67,5%) dos trabalhadores excederam um $L_{EX,8h}$ superior a 80 dB (A) excedendo o VAI, 20 (50%) dos trabalhadores excederam o VAS e 11 (27,5%) excederam o VLE de $L_{C,pico}$ superior a 140 dB (C).

O estudo realizado por Engel & Kosała (2007) associação entre ruído e as vibrações nas pedreiras, máquinas e equipamentos que funcionam em espaços abertos e geralmente não estão equipados com supressores vibro acústicos adequados. Segundo o autor, a técnica básica de exploração em minas a céu aberto de matérias-primas minerais é a decapagem. As explosões constituem fontes de ruído de curta duração (ruídos de impulso). Essas operações são geralmente acompanhadas por elevados níveis de pressão sonora 115-140 dB (C) de $L_{C,pico}$, que são perigosos para os trabalhadores. Um nível de pressão acústica deste tipo depende de vários fatores, tais como: tipo de rocha, tipo e quantidade de explosivos utilizados, tecnologia e parâmetro geométrico das obras de detonação. Na Tabela 28 e na Tabela 29 apresentam-se os valores dos equipamentos em estudo.

Tabela 28: Valores de ruído com caminhão sem e com carga, segundo Engel & Kosała .

Autor	Tipo de operação	$L_{A,eq}$ dB (A)	L_p dB (A)	L_p dB (C)
(Engel & Kosała, 2007)	Camião vazio passando; medição feita a uma distância de 5 m do caminhão	84,2	106,2	111,7
	Caminhão carregado passando; medição feita a uma distância de 5 m de um caminhão	93,7	115,7	121,7

Tabela 29: Valores de ruído da escavadora, segundo Engel & Kosała.

Autor	Tipo de operação	$L_{A,eq}$ dB	$L_{A, max}$ dB	$L_{A, min}$ dB
(Engel & Kosała, 2007)	Escavadora carregando material para um caminhão, medição a 5 m de distância	77,8	88,1	65,3

No artigo publicado por Edwards et al. (2011), ele refere que em empresas de pequena e médias dimensão do sector mineiro, os níveis mais elevados de exposição ao ruído ocorreram na extração de areia e de agregados (107 dB (A)), seguido por as pequenas minas a céu aberto de diamante (104,4 dB (A)). Na mina de carvão a céu aberto as profissões com mais risco de PAIR são os trabalhadores responsáveis pela tarefa de detonação (média = 93,7 dB (A)), operadores de perfuração (média = 87,8 dB (A)), e operadores de quebra rocha (média = 87,6 dB (A)) (Edwards et al., 2011).

O estudo elaborado por Pandey et al. (2013) analisou 80 carregadoras de descarga lateral distribuídas aleatoriamente por 18 minas subterrâneas de carvão, onde desenvolveu um modelo de estatístico de previsão de ruído. Este modelo é uma equação polinomial de 5ª ordem que estabelece a relação entre a idade das carregadoras de descarga lateral e o TWA_{8h} , quando a carregadora tiver 5 anos. O valor de TWA_{8h} previsto é um nível de ruído de 87 dB (A), valor que exceda os valores recomendados e o resultado foi de 7,2 anos. Os trabalhadores estiveram expostos a níveis de ruído de TWA_{8h} entre os 74 – 100,4 dB (A) e valores médios de TWA_{8h} de 92 dB (A).

No artigo publicado por Ferreira & Guerreiro (2010) e M. Matos et al. (2011), é feita uma associação entre o aumento de PAIR devido aos níveis de ruído, de vibrações e uso de substâncias ototóxicas. Na Tabela 30, os autores do estudo Ferreira & Guerreiro(2010) e M. Matos et al. (2011) apresentam o intervalo associada a cada operação mineira registada pelo sonómetro.

No artigo elaborado por Gupta et al. (2012) realizado em 7 pedreiras de granito fez no estudo um modelo que analisa-os níveis de ruído gerado pelos martelos pneumáticos tendo em conta que a topografia e a direção do vento podem influenciar os níveis de ruído. O autor faz a descrição geológicas das pedreiras, propriedades físicas a resistência à compressão e densidade da rocha, tem as especificações do martelo pneumático da marca Atlas Copco. Todas as pedreiras excederam os valores de ruído estipulados pelas normas exceto uma pedreira que tinha direção sudoeste. O autor apresentou resultados através do modelo, sendo o limite da zona segura para cada pedreira de 30 m, indicando que o ruído não excedeu valor limite de ruído estipulados pelas normas.

Tabela 30: Intervalo de valores de ruído associada a cada operação, segundo Ferreira & Guerreiro.

Autor	Atividades	Níveis Típicos
(Ferreira & Guerreiro, 2010)	Desmatação e Decapagem -Remoção de espécies vegetais e de terras superficiais	65-85 dB (*)
	Perfuração -Fragmentação localizada da rocha para aplicação dos explosivos	85-100 dB (*)
	Detonação dos explosivos -Iniciação dos explosivos e consequente desmonte da rocha	70-140 dB (**)
	Remoção -Carregamento e transporte do material desmontado	65-85 dB (*)
	Beneficiação -Beneficiação/Transformação (britagem, classificação e lavagem)	85-100 dB (*)
	Expedição -Transporte dos agregados em viaturas pesadas	65-85 dB (*)

Legenda: (*) - Níveis de ruído junto do equipamento, mas fora da cabina;

(**) - Níveis de ruído medidos a cerca de 20 m da pega de fogo.

No estudo feito por Fisne & Okten (2013), nas minas subterrâneas betuminosas de carvão na Turquia, analisou-se o ruído em 2896 trabalhadores, destes 1057 trabalharam no subterrâneo, 1464 operaram na superfície e 375 foram operadores de lavaria. Foram criados grupos homogêneos de exposição com trabalhos semelhantes na exposição ao agente físico: 10 grupos para trabalhadores subterrâneos; 9 grupos para trabalhadores de superfície e 5 grupos para operadores de lavaria. Cada amostra foi acompanhada de uma descrição completa da tarefa, local, data e hora, do individuo, da resposta de amostragem e comprimento, outras informações relevantes tais como, condições ambientais e fontes de ruído. No subterrâneo os valores de níveis mínimos e máximos variaram entre 63,5 a 115,8 dB (A) para os grupos de exposição subterrânea. Os valores médios de ruído variaram entre os 75,5 a 102,6 dB (A). Neste grupo, os operadores de perfuração foram submetidos a níveis de ruído que variaram entre 91,2 a 115,3 dB (A) com uma média de 102,6 dB (A). Nos grupos expostos ao ruído na superfície os valores mínimos e máximos foram 72,9 e 113 dB (A). Os valores médios variaram entre 80,2 a 98,3 dB (A). Os valores mínimos e máximos de ruído foram de 72,8 e 110,1 dB (A) para o grupo de exposição dos operadores de oficina. Os níveis

médios de ruído variaram entre 86,3 a 97,8 dB (A). No subterrâneo, o $L_{Aeq,T}$ variou entre 78,3 a 105,3 dB (A) para os grupos subterrâneos expostos, e com um $L_{EX,8h}$ que variou entre 75,3 a 101 dB (A). Os operadores de perfuração apresentaram um $L_{EX,8h}$ de 101 dB (A), estavam em risco de PAIR, a dose ruído foi de 4018% em 12 minutos. Na superfície, o $L_{Aeq,T}$ variou entre 82,8 a 102,1 dB (A) e, um $L_{EX,8h}$ entre 81,6 a 97 dB (A). Nos grupos de operadores de oficina, o $L_{Aeq,T}$ variou de 88,5 a 99,7 dB (A) e com um $L_{EX,8h}$ de 94,5 dB (A).

O estudo elaborado por Said et al. (2014), na Malásia, foi no sector construção civil, onde máquinas como escavadoras, camiões, isto é, equipamentos semelhantes aos usados no sector mineiro, foram submetidos a medições de ruído, medições em TWA_{8h} , em que foi usado um dosímetro calibrado a 114 dB, a fim de controlar os erros de medições e incertezas para um nível aceitável, tendo a medição seguido as orientações da Norma ISO 9612. O ruído foi medido em três áreas da construção civil diferentes: áreas rodoviárias, comerciais e dos pavimentos. Os valores médios de ruído na área rodoviária foram, um $L_{EX,8h}$ de 81,31 dB (A), um L_{Cpico} de 120,76 dB (C) e um L_p de 101,1 dB (A), na área dos pavimentos os valores médios da exposição diários foram mais elevados e a maior média dos valores de pico correspondeu à área comercial. Nas rodoviárias a escavadora teve valores médios de L_{Cpico} de 102,53 dB (C), $L_{EX,8h}$ de 77,2 dB (A), um L_{pmin} de 66,3 dB (A) e um L_{pmax} de 81,7 dB (A). O operador de camião basculante esteve exposto a um valor de pico maior que a média dos valores com um L_{Cpico} de 132,7 dB (C). Na área comercial os valores médios para o operador da escavadora foram um L_{Cpico} de 125 dB (C), um L_{pmin} de 78,5 dB (A) e um $L_{EX,8h}$ de 85,15 dB (A). A Tabela 16, apresenta os dados sobre a PAIR nos operadores das máquinas em estudo.

No artigo elaborado por Tripathy & Rao (2015), “*A case study*” numa mina de bauxite a céu aberto, apresentou medidas da pressão sonora, valores mínimos, máximos e de médias dos equipamentos nas suas operações, a escavadora *Dozer* – Min: 86,1 dB (A), Máx: 98,5 dB (A) e Média: 91,6 dB (A); operação de perfuração – Min: 97 dB (A), Máx: 105,5 dB (A) e Média: 102,87 dB (A); *Dumper 55T* – Min: 85,4 dB (A), Máx: 103,2 dB (A) e Média: 97,02 dB (A); Pá Carregadora (*Pay Loader*) – Min: 86 dB (A), Máx: 94 dB (A) e Média: 90,24 dB (A) e Pá (*Shovel*) – Min: 85,2 dB (A), Máx: 90,5 dB (A) e Média: 88,25 dB (A), todos estes equipamentos excederam os valores limites, o autor faz recomendações para a redução de ruído, que poderão ser analisados na Tabela 31.

2.6 Medidas preventivas

A perda auditiva induzida por ruído (PAIR) continua a ser uma preocupação da indústria mineira. A redução do ruído ocupacional pode ser feita por meio de controlo de engenharia e administrativo. No entanto, a dificuldade e o custo de implementação de controlos de engenharia podem tornar os controlos administrativos uma alternativa atraente para reduzir a exposição ao ruído dos trabalhadores (Bauer & Babich, 2006).

Segundo, o NIOSH, os controlos de engenharia são definidos como: “métodos que reduzem a exposição ao ruído diminuindo a quantidade de ruído que chega ao trabalhador por meio de

abordagens de projeto de engenharia. Os controles de engenharia isolam o ruído do trabalhador através da redução de ruído” e os controles administrativos são definidos como: “métodos que reduzem a exposição limitando o tempo que um trabalhador é exposto ao ruído por meio de abordagens administrativas. Os controles administrativos isolam o trabalhador do ruído reduzindo a exposição” (Bauer & Babich, 2006).

Os controles podem ser de natureza administrativa e de engenharia, a seguinte lista de controle é de engenharia, enquanto o requisito para usá-lo é administrativo:

- Comprar o equipamento mais silencioso disponível.
- Manter adequadamente todo o equipamento para ajudar a reduzir o ruído excessivo resultante da falta de óleo ou graxa, peças desgastando e mantendo e engraxando rolos, rolamentos, cubos, etc.
- Fornecer cabines com tratamento sonoro e exigir que o trabalhador as use periodicamente.
- Localizar fontes de ruído longe das vias normais de circulação.
- Aconselhar/instruir os mineiros sobre o uso adequado, operação e manutenção de equipamentos com dispositivos/recursos de controle de ruído (Bauer & Babich, 2006).

Quando as medidas de controle de ruído não são viáveis, e não reduzem as exposições abaixo do valor limite máximo permitido por lei, ou até que elas sejam instaladas ou implementadas, os dispositivos de proteção auditiva são a única maneira de evitar que níveis perigosos de ruído danifiquem o ouvido interno (Bauer & Babich, 2006). Uma lista de boas práticas com os protetores auditivos:

- Fornecer manutenção regular ou substituição de protetores auditivos montados no capacete.
- Certificar de que os protetores auditivos estão devidamente montados e prontos para ser usados.
- Fornecer treinamento no uso e ajuste adequados, ser capaz de reconhecer quando a proteção auditiva precisa ser substituída.
- Substituir regularmente os protetores auditivos.
- Fornecer aos trabalhadores a oportunidade de escolher entre uma variedade de protetores auditivos.
- Avaliar regularmente a eficácia do programa de proteção auditiva (Bauer & Babich, 2006).

Três tipos de ações são geralmente considerados nos procedimentos de trabalho da higiene industrial para tentar controlar o ruído: na fonte, no ambiente e no trabalhador. As ações estabelecidas na fonte de ruído são as preferenciais, sempre que possível, pois essas medidas tentam eliminar o ruído. Em seguida, ações sobre o meio ambiente devem ser consideradas. Elas normalmente consistem em restringir a propagação do ruído da fonte para o trabalhador; estas são as ações em que mais trabalho deve ser feito. As ações no trabalhador devem ser consideradas apenas quando todas as ações anteriores falharam, mas, apesar disso, as ações no trabalhador são geralmente as primeiras a serem aplicadas porque o seu custo é inferior ao custo das ações na origem (Fernández et al., 2009; Fisne & Okten, 2013).

Existem vários modelos de protetores auditivos pessoais no mercado com diversas formas, materiais e faixas de atenuação, para que cada trabalhador possa encontrar o mais adequado. Para a eleição correta de um protetor, é necessário calcular a atenuação dada considerando os dados do

fabricante e verificar se o eleito atende aos requisitos específicos de atenuação para um determinado trabalhador (Fernández et al., 2009; Fisne & Okten, 2013).

Segundo a revisão sistemática, vários autores apresentaram recomendações para a prevenção da PAIR como está apresentado na Tabela 31.

Tabela 31: Medidas de prevenção recomendadas pelos autores da revisão sistemática.

Autor	País	Medidas de prevenção proposta/recomendadas
(Spencer, 2010)	EUA	<p>Em cada operação realizar um levantamento do ruído em local específico para determinar a exposição ao ruído ocupacional nos trabalhadores para um programa de prevenção de perda auditiva, e usar esses dados como referência comparativa para a prevenção. Se uma dose diária individual do ruído é anormalmente alta, o operador ou o local de trabalho deve ser observado para identificar as causas e selecionar intervenções de redução de exposição apropriadas. Alguns dos controles de engenharia para o ruído ocupacional, em equipamentos móveis incluem o seguinte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cabinas ambientais acusticamente tratadas. • Barreiras, como para-brisas e painéis acústicos parciais. • Silenciador no escape. • Redirecionamento do escapamento longe do operador. <p>Para os controles administrativos recomenda-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compartilhamento de tarefas de trabalho e/ou rotação de equipamentos ruidosos e colocar os trabalhadores em atividades mais silenciosas. • Duração limitada dos turnos de trabalho. • Proporcionar áreas silenciosas durante as pausas. • Eliminar tarefas que são desnecessariamente ruidosas. • Acesso restrito do trabalhador a áreas de alto ruído. • Seguindo aos parâmetros de perfuração recomendados pelo fabricante, para empuxo, torque e velocidade de rotação.
(Cerdeira et al., 2014)	Portugal	Recomenda a manutenção da regularidade dos pisos das pistas de circulação devido a relação entre os agentes físicos, o ruído e as vibrações.
(Arezes & Miguel, 2002)	Portugal	<p>Ao conjunto de medidas estruturadas de prevenção da exposição ao ruído em meio ocupacional é normalmente atribuída a designação de programas de conservação da audição (PCA). Os PCA são essencialmente recomendáveis e desejáveis em situações que envolvam trabalhadores cuja exposição diária, não protegida (isto é, exposição sem a utilização de protetores auditivos), iguale ou exceda 85 dB (A). Recomendam que a estrutura de um PCA contenha, pelo menos, os seguintes tópicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auditorias iniciais e anuais aos procedimentos utilizados. • Avaliação do ruído ocupacional. • Medidas de controlo técnico e administrativo das exposições ao ruído. • Avaliação e monitorização da função auditiva dos trabalhadores. • Utilização de proteção individual auditiva para exposições superiores ou iguais a 85 dB (A), independente da duração da exposição. • Formação e motivação dos trabalhadores. • Arquivo dos registos.
(Landen et al., 2004)	EUA	<p>Inscrição num programa de conservação auditiva.</p> <p>A exposição de ruído pode ser controlada através da redução da quantidade de ruído gerado pelo equipamento, ou:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proteger o trabalhador por um involucrio. • Uso de cabines de vidro fechado, veículos com gabinetes fechados mas a eficácia depende da manutenção e da maneira como o equipamento é manobrado. • O uso de protetores auditivos. <p>No controlo administrativo: mudar de tarefas ruidosas para outras mais silenciadoras.</p>
(Harper & O'Brien, 2006)	Sul de África	Recomenda o uso de protetores auditivos (abafadores auditivos) como método para evitar o risco de PAIR, com a condição de que estes são usados corretamente.
(Phillips et al., 2006)	Sul de África	Recomenda o uso de protetores auditivos. A melhor solução de engenharia para reduzir o ruído é na fonte.
(C Sensogut, 2007)	Turquia	<p>Medidas administrativas e de engenharia de controlo são recomendadas para redução do ruído ocupacional:</p> <p>A) Controlo administrativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fornecer aos trabalhadores quando expostos ao ruído ocupacional superior a 87 dB (A) protetores auditivos (como tampões, abafadores). • Redução do horário de trabalho onde a pressão sonora seja excessiva.

Autor	País	Medidas de prevenção proposta/recomendadas
		<ul style="list-style-type: none"> • Rotação de tarefas dos trabalhadores. • Treinar os trabalhadores sobre o uso de protetores auditivos e explicar as suas vantagens. • Os trabalhadores irem periodicamente ao médico para verificar a audição. <p>B) Controlo de engenharia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escolher os processos com os níveis de pressão de sonoros mais baixos. • Localizar na planta da mina lugares mais silenciadores. • Encerrar a fonte de ruído e evitar o ruído de ser transmitido. • Isolar a cabine do operador. • Mover a máquina ruidosa para uma seção de pouco uso na mina.
(Engel & Kosala, 2007)	Polónia	Máquinas e equipamentos funcionam em espaços abertos e geralmente não estão equipados com supressores vibro-acústica adequadas. Assim, recomenda-se desenvolver medidas de proteção adequadas para os trabalhadores expostos a ruídos e vibrações.
(Fernández et al., 2009)	Espanha	<p>Algumas das ações para controlar o ruído que devem ser planeadas com antecedência, por exemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que os trabalhos ruidosos devem ser evitados ou reduzidos durante a fase de projeto. • Que a forma como o trabalho de construção será gerenciado e os riscos serão controlados deve ser planeada durante o estágio de organização. • Que os riscos devem ser avaliados e eliminados, e a avaliação deve ser revista durante a fase de construção. • Que uma política para adquirir máquinas e equipamentos de baixo ruído deve ser considerada antes do início das obras, e a ação para controlar o ruído deve ser incluída na folha de especificações. • Que um planeamento dos processos de trabalho deve ser feito para reduzir a exposição ao ruído dos trabalhadores ao mínimo. <p>O excesso de ruído na fonte pode ser reduzido de acordo com esta política, usando máquinas com menos emissões de ruído, pelo que os sistemas de rotulagem da potência sonora emitida podem ser muito úteis. Algumas outras ações também contribuem para essa redução do ruído na fonte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Como evitar impactos de metal sobre metal. • Isolamento para reduzir ruído ou mesmo vibrações • Instalação de silenciadores. • Trabalhos preventivos de manutenção, dado que o ruído pode mudar dependendo do enfraquecimento das máquinas. <p>Entre as ações coletivas, existem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolamento de procedimentos ruidosos e limitação de acesso a zonas ruidosas. • Quebrar o caminho de propagação do ruído aéreo através de caixas de som e barreiras. • Uso de materiais absorventes para reduzir as reflexões sonoras. • Controle de ruído e vibrações transmitidas pelo chão através de um piso flutuante. • Organizando as tarefas para limitar a presença em zonas ruidosas. • Distribuir as tarefas ruidosas de modo a que um número mínimo de trabalhadores seja exposto ao ruído. • Aplicar procedimentos de trabalho que levem em conta o controlo da exposição ao ruído. • Uso de protetores auditivos pessoais. Caso a exposição ao ruído ultrapasse o limite máximo, seu uso é obrigatório.
(Ferreira & Guerreiro, 2010)	Portugal	<p>As medidas de minimização de impactes a implementar ao nível do ruído podem ser de vários tipos, em função do objetivo a atingir e das suas características, respetivamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Técnicas: Relacionadas com os equipamentos utilizados e/ou com as técnicas utilizadas nas operações associadas à laboração da pedreira ou mina (e.g.: utilização de equipamentos que cumpram os requisitos do RGR e da legislação complementar relativa à emissão de ruído). • Acústicas: Ligadas aos equipamentos acústicos tais como barreiras acústicas (e.g.: cortinas arbóreas, cortinas de aterro). • Medidas Organizacionais: Relacionadas com a alocação espacial e temporal de meios e com a organização espacial da área de intervenção (e.g.: evitar a concentração de operações ruidosas). • Medidas Gerais: Associadas à sensibilização e informação dos trabalhadores relativamente ao ruído.
(Fernandez et al., 2010)	Espanha	<ul style="list-style-type: none"> • Os trabalhadores devem de usar protetores auditivos e ações pessoais devem ser tomadas para reduzir o ruído. <p>Tentar controlar o ruído, na fonte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar máquinas com menos emissões de ruído e devidamente rotulados. <p>No meio ambiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar caixas e barreiras. <p>No trabalhador:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso de protetores auditivos pessoais.

Autor	País	Medidas de prevenção proposta/recomendadas
(Edwards et al., 2011)	Sul de África	<ul style="list-style-type: none"> • Recomendação de programas de conservação auditiva e uso de protetores auditivos. • Recomendação de uma base de dados nacional sobre a exposição ao ruído e a sua manutenção. • Inclusão de resultados audiométricos na base de dados para melhorar a prevenção de PAIR. • Controlo de engenharia, envolvendo fabricantes, fornecedores de equipamento para melhorar a eficiência de controlo do ruído.
(Dekker et al., 2011)	Sul de África	<ul style="list-style-type: none"> • Recomendação de programas educacionais, motivacionais, de consciencialização e treinamento para promover o uso correto de protetores auditivos. • Exames médicos auditivos como forma de prever a evolução da PAIR. • Medidas de engenharia para reduzir a emissão de ruído e a transmissão. • Registrar numa base de dados, o ruído ocupacional, os exames audiométricos, o tipo de medidas preventivas e de monitorização com uma perspetiva de melhoramento no futuro a prevenção da PAIR.
(Onder et al., 2012)	Turquia	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de protetores auditivos. • Exames audiométricos devem ser efetuados regularmente, se notou-se perda de audição no operador evitar a fonte de ruído e aplicar horário rotativo. • Formação aos operadores sobre a importância da proteção auditiva, expondo posters com essa mesma informação visível a todos os operadores. • Empregadores devem proporcionar condições de trabalho saudáveis e adequadas aos trabalhadores.
(M. Matos et al., 2011)	Portugal	<ul style="list-style-type: none"> • Recomenda a utilização de máquinas com cabines de isolamento. As cabines têm características de insonorização, cada vez mais sofisticadas.
(Cinar & Sensogut, 2013)	Turquia	Recomendação de uso de protetores auditivos e manutenção dos equipamentos
(Gupta et al., 2012)	Índia	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de protetores auditivos seja tampões ou abafadores (dependendo do cálculo). • Recomenda a manutenção periódica dos equipamentos para reduzir a dose de ruído. • Recomenda ter atenção à geologia, propriedades da rocha, terreno montanhoso adjacente ao ponto de perfuração também foi responsável por dose de ruído mais elevado.
(Chadambuka et al., 2013)	Zimbabué	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização de protetores auditivos ou outros controlos de ruído quando estiver próximo de equipamentos ruidosos. • A empresa deve gerenciar programas de conservação auditiva aos trabalhadores. • A empresa deve instalar controlos administrativos e de engenharia para reduzir os níveis de ruído até valores admissíveis de exposição de acordo com os regulamentos.
(Fisne & Okten, 2013)	Turquia	<p>Recomendação para a redução do ruído ocupacional:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controlar o desempenho acústicos das máquinas. • Teste audiométricos obrigatórios. • Ajuste nos horários de trabalho, reduzindo o tempo de exposição ao ruído. • Uso de proteção auditiva <p>Controlo de engenharia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incluir manutenção das máquinas. • Isolamento ou absorção acústica, barreiras, compartimentos de motores. • Silenciadores de ventiladores. • Modificação de montagem de máquinas. • Silenciadores e substituição de equipamentos barulhentos por equipamentos mais silenciosos. <p>Controlo administrativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incluir rotação de trabalho (troca de um trabalhador com alta exposição a ruídos com alguém com menos exposição ao ruído). • Modificação do trabalho ou operação do equipamento para reduzir a exposição a áreas ou equipamentos barulhentos, • Redução do tempo de deslocamento quando mais de 8 horas e, quando possível, proporcionando áreas tranquilas.
(Masterson et al., 2013)	EUA	<ul style="list-style-type: none"> • Obrigação a iniciar um programa de conservação auditiva para trabalhadores expostos a um nível médio (TWA_{8h}) ruído ponderada no tempo de 8 horas de 85 dB (A) ou mais. • Efetuar testes audiométricos. • Manutenção de registros. • Fornecer proteção auditiva aos trabalhadores. • Registrar as perdas auditivas. • Elaborar uma base de dados. • Testes audiométricos de trabalhadores expostos ao ruído ocupacional. • Identificar os trabalhadores em risco, avaliar a eficácia das estratégias de intervenção, e monitorar o progresso na prevenção. • Necessidade de melhorar os controlos de engenharia para o ruído e as estratégias de conservação auditivos.
(Said et al., 2014)	Malásia	Uso de proteção auditiva. Ação de prevenção para reduzir o ruído: isolamento ou proteção auditiva. Um empregador deve permitir o exame audiométrico para o trabalhador que está exposto ao ruído ocupacional. Um programa de conservação auditiva

Autor	País	Medidas de prevenção proposta/recomendadas
(Gyamfi et al., 2016)	Gana	Reduzir o ruído através de medidas técnicas: <ul style="list-style-type: none"> • Uso de protetores auditivos. • Controlos de engenharia e seleção de equipamentos de proteção e manutenção/substituição do equipamento desgastado.
(Lutz et al., 2015)	EUA	Recomenda o uso obrigatório de protetores auditivos.
(Tripathy & Rao, 2015)	Índia	<ul style="list-style-type: none"> • Controlo do ruído na origem. Controlo do ruído na transmissão. Controlo de ruído no final do receptor. • Formular estratégias de longo prazo e programas de conservação auditiva que deve incluir os seguintes componentes: <ul style="list-style-type: none"> • Levantamentos do nível de ruído, • Levantamentos da dose de ruído, controlos de engenharia e administrativos, • Programas de sensibilização, programas de educação e formação, proteção auditiva pessoal, • Teste audiométricos. • Se exceder o ruído de exposição diário um programa técnico deve ser desenvolvido para reduzir o risco. • Se o risco não poder ser reduzido aplicar as seguintes medidas preventivas: <ul style="list-style-type: none"> • Check-up auditivos, pelo menos, uma vez por ano. • Uso obrigatório de protetores auditivos, se for tecnicamente possível, os locais devem ser limitados e com acesso restrito, quando o risco é elevado. • Recomendação de manutenção regular das máquinas. • Seleção de máquinas que geram menos ruído. • Colocação de silenciadores. • Reduzir os níveis de ruído usando material absorvente. • Instalação de barreiras, instalação de painéis ou cabines. • Rotação de turnos. • Proteção auditiva, programa de formação e sensibilização para os empregados.
(Musiba, 2015)	Tanzânia	Recomenda programas de conservação auditiva e o uso de protetores auditivos pessoais.

De uma forma resumida, a Tabela 32, apresenta medidas preventivas que os empregadores e trabalhadores de forma conjunta deveram cumprir para reduzir os níveis de ruído, quando os valores limites de exposição e/ou os valores limites de ação superiores ou inferiores excederem o previsto pela lei.

Tabela 32: Medidas de prevenção segundo os valores de exposição pessoal diária.

Autor	Valores de exposição pessoal diária	Medidas preventivas
(Fernandez et al., 2010; Ferreira & Guerreiro, 2010; M. Matos et al., 2011)	Valores limites de exposição: $L_{EX,8h} = 87$ dB (A) e $L_{C\ pico} = 140$ dB (C)	Para valores superiores aos VLE o empregador deve: <ul style="list-style-type: none"> • Tomar medidas imediatas que reduzem a exposição. • Identificar as causas de ultrapassagem dos valores limite. • Corrigir as medidas de proteção de modo a evitar a ocorrência de situações. • Obrigatoriedade de uso de proteção auditiva.
	Valores de ação superiores: $L_{EX, 8h} = 85$ dB (A) e $L_{C\ pico} = 137$ dB (C)	Para valores superiores aos VAI e VLE a entidade empregadora deve: <ul style="list-style-type: none"> • Estabelecer e aplicar um programa de medidas técnicas e organizacionais que permitam que os riscos de exposição ao ruído sejam eliminados ou reduzido ao mínimo. • Delimitar e sinalizar os postos de trabalho. • Disponibilizar e assegurar a utilização de protetores auditivos. • Assegurar a verificação anual da função auditiva e a realização de exames audiométricos.
	Valores de ação inferiores: $L_{EX, 8h} = 80$ dB (A) e $L_{C\ pico} = 135$ dB (C)	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecer protetores auriculares. • Realizar teste audiométricos de dois em dois anos.

Autor	Valores de exposição pessoal diária	Medidas preventivas
		• Para valores inferiores aos VAI, não estão previstas medidas a aplicar.

Na Tabela 33, o autor Ferreira & Guerreiro, apresenta alguns exemplos de medidas de minimização de ruído para cada operação mineira a nível de controlo de engenharia.

Tabela 33: Exemplos de medidas de minimização para cada operação, segundo Ferreira & Guerreiro.

Autor	Operação	Medidas de minimização
(Ferreira & Guerreiro, 2010)	Perfuração	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar equipamentos modernos equipados com silenciadores. • Usar sistemas hidráulicos de perfuração em detrimento dos sistemas pneumáticos. • Evitar efetuar a operação de perfuração junto de outras operações ruidosas (e.g.: operação com martelo hidráulico equipado em giratória). • <u>Recorrer a operador de perfuradora com formação adequada e sensibilizado para o ruído.</u>
	Detonação	<ul style="list-style-type: none"> • Atacar adequadamente o explosivo ao furo, evitando a presença de espaços vazios entre os cartuchos de explosivos e as paredes do furo. • Efetuar um registo da perfuração onde se anotem eventuais heterogeneidades no interior do furo (e.g.: aparecimento de cavidades cársicas nos maciços calcários). • O diagrama de fogo deve ser projetado em função das características do maciço rochoso a desmontar e das suas especificidades (grau de alteração, fracturação, presença de água, etc.). • Evitar carregar os furos com quantidades excessivas de explosivo. • Quando se recorre ao cordão detonante, não devem ser deixadas pontas fora do furo. • Os detonadores devem ser colocados sempre dentro do furo.
	Remoção	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar equipamentos modernos equipados com silenciadores (pás carregadoras, escavadoras giratórias e dumpers). • Gerir a operação de modo a minimizar a concentração de equipamentos no local de remoção.
	Britagem e Lavagem	<ul style="list-style-type: none"> • Blindar as unidades de britagem, de lavagem, entre outras, nomeadamente os crivos, as zonas de queda dos materiais e os motores de acionamento dos tapetes transportadores ou outros. • Equipar as zonas de queda dos materiais (tremonhas) com materiais absorventes de ruído (telas de borracha).

3 OBJETIVOS, MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Objetivos da Dissertação

O objetivo principal deste trabalho de investigação é efetuar a avaliação ao ruído dos trabalhadores de uma pedreira para agregados nas diferentes operações nas suas tarefas diárias, comparando os resultados obtidos com os valores encontrados na pesquisa bibliográfica.

Este tema é importante para a Segurança e Saúde no Trabalho devido ao facto de ser muito difícil de reduzir o ruído ocupacional num mundo cada vez industrializado, como é o caso das pedreiras atualmente. No desenvolvimento desta dissertação propõe-se avaliar a exposição ao ruído em 3 postos de trabalho, verificar o seu cumprimento legal, apresentar medidas de prevenção prevista na lei, para os postos de trabalho em que os valores ultrapassem os VAI, VAS e VLE, com recurso ao conhecimento sobre a variável ruído para ajudar na sua minimização e melhorar a saúde dos trabalhadores.

3.2 Materiais e Métodos

A recolha de dados de Ruído, foi efetuada no decorrer do ano de 2013 e é da responsabilidade, de uma equipe de investigadores da FEUP. O equipamento utilizado para a monitorização do ruído ocupacional na pedreira em estudo foi o Sonómetro 01 dB *Blue Solo* da 01 dB *Metravib*, que é um sonómetro integrador com classe de exatidão 1, que possui o Despacho de aprovação de modelo com o nº 245.70.04.03.55, do Diário de República III Série, nº 34 de 17/02/2005.

O sonómetro apresentado na Figura 7 pertence ao Laboratório de Prevenção de Riscos Ocupacionais e Ambientais – PROA da FEUP.



Figura 7: Sonómetro 01 dB Blue Solo.

(Fonte: <http://www.locadif.fr/fr/produits.asp?idm=103>)

Este equipamento é utilizado segundo o ponto 1 do Anexo I – Medição do ruído e o ponto 1 do Anexo II – Instrumentos de Medição do DL n.º 182/2006, de 6 de setembro, representado na Tabela 34.

Tabela 34: Características do equipamento para a avaliação do ruído.

Anexo I
1 – Na determinação da exposição pessoal diária do trabalhador ao ruído durante o trabalho, $L_{EX,8h}$, e de nível de pressão sonora de pico, L_{Cpico} , ou para a seleção dos protetores de ouvido, são utilizados os instrumentos de medição indicados no anexo II.
1 — Os instrumentos de medição devem dispor das características temporais necessárias em função do tipo de ruído a medir e das ponderações em frequência A e C e cumprir, no mínimo, os requisitos equivalentes aos da classe de exatidão 2, de acordo com a normalização internacional, sendo preferível a utilização de sonómetros da classe 1, para maior exatidão das medições.

Software

Efetuada a recolha de dados com o sonómetro nos locais a avaliar, estes dados são transferidos via porta USB para um computador onde esta instalado o *software dBTrait®* versão 5.3, que permite ver e fazer o tratamento de dados recolhidos pelo sonómetro.

Este *software* permite a exportação dos dados para o *software Microsoft Office® – Excel*.

Metodologia

A avaliação do ruído é feita segundo os princípios gerais de avaliação de riscos do ponto 7 do artigo 4.º do DL n.º 182/2006, como está representado na Tabela 35.

Neste diploma na alínea a) do ponto 3 diz respeito às posições de medições e nas alíneas a) e b) do ponto 4 refere-se aos intervalos de tempos de medição do anexo I ver na Tabela 36.

Tabela 35: Os princípios gerais de avaliação de riscos.

Artigo 4.º Os princípios gerais de avaliação de riscos
7 — A avaliação feita com base na medição do ruído é efetuada de acordo com o estabelecido nos anexos I e II, os quais fazem parte integrante do presente decreto-lei, e deve permitir a determinação da exposição pessoal diária de um trabalhador ao ruído, assim como a determinação do nível da pressão sonora de pico a que cada trabalhador está exposto.

Tabela 36: Medição do ruído

Anexo I - Medição do ruído
3 - Posições de medição: b) Quando a presença do trabalhador for necessária, o microfone deve ser colocado a uma distância de entre 0,10 e 0,30 m em frente à orelha mais exposta do operador.
4 - Intervalos de tempo de medição: a) O intervalo de tempo de medição deve ser escolhido de modo a medir e a englobar todas as variações importantes dos níveis sonoros nos postos de trabalho e de modo a que os resultados obtidos evidenciem repetibilidade. b) O intervalo de tempo de medição, que depende do tipo de exposição ao ruído, pode ser dividido em intervalos de tempo parciais com o mesmo tipo de ruído, designadamente ruído correspondente às diferentes atividades do posto de trabalho ou do seu ambiente de trabalho.

Equipamentos Avaliados

Os equipamentos avaliados foram:

- Dumper da marca VOLVO modelo A35D, Figura 8, (1 unidade);
- Pá Carregadora da marca VOLVO modelo L120C, Figura 9, (1 unidade);
- Pá Giratória da marca HITACHI modelo 520 LCH, Figura 10, (1 unidade).

Dumper VOLVO modelo A35D – tarefas de carga, transporte e descarga

A atividade do *Dumper* é dividida em três tarefas, nomeadamente a carga, o transporte e a descarga. Para efetuar a carga, o *Dumper* efetua uma manobra de marcha atrás e permanece parado junto da escavadora giratória, que o irá carregar com material. Uma vez terminada a carga, a pá giratória aciona um sinal sonoro (buzina) para alertar o condutor do *Dumper* que pode iniciar a marcha. O transporte é feito por um trajeto normalmente único, que une a frente de desmonte ao circuito de britagem. Este trajeto, por vezes tem troços bastante inclinados e acidentados, que podem tornar as viagens algo desconfortáveis. Na zona de descarga, o *Dumper* efetua nova marcha atrás de forma a ficar em condições de parar, acionar a subida da caixa basculante e descarregar o material na “boca” do primário da britagem. Terminada a descarga, faz descer a caixa basculante e inicia nova viagem até à frente de desmonte para nova carga.



Figura 8: *Dumper* nas tarefas de carga, transporte e descarga.

Pá Carregadora Volvo L120C – carga no circuito de stockagem

A Pá Carregadora, tal como o próprio nome indica, é o veículo relacionado com as operações de carga de camiões associado à fase de expedição do material final, quer como efetuar o armazenamento de materiais com produção excedentária. Esta Pá tem como funções na pedreira:

- Fazer a carga dos camiões associados à fase de expedição de diversos tipos de material;
- Arrumar os materiais em pilhas de *stock*.



Figura 9: Pá Carregadora arrumar material e a fazer a carga do caminhão.

Pá Giratória da marca HITACHI modelo 520 LCH – movimentação de blocos/carga de *Dumpers*

A Pá Giratória com balde tem como tarefas a movimentação de blocos e a carga de minério em *Dumpers*. É um equipamento constituído por lagartas para se deslocar, no entanto, durante a sua atividade, pouco se desloca, havendo apenas movimento do seu braço para movimentação de blocos. Na presente configuração da pedreira, a Pá Giratória com balde encontra-se num local onde de um lado está a frente de desmonte, onde se encontra todo o material liberto no desmonte, e do outro lado, a área está livre e transitável, local de paragem do *Dumper* para que seja carregado. A atividade está sujeita a períodos de espera por parte da Pá Giratória, enquanto aguarda a chegada do *Dumper*. A tarefa global executada pela escavadora giratória com balde pode ser dividida em duas tarefas:

- Espera/Movimento de blocos
- Carga de blocos no *Dumpers*

Durante a atividade, a Pá Giratória efetua pouca deslocação, havendo essencialmente apenas movimento do seu braço. No entanto, esta Pá, em situações de deslocação, faz algum ruído resultante do movimento das lagartas.



Figura 10: Pá Giratória fazer a carga do *Dumper*.

PARTE 2

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Medição de ruído no *Dumper*

As medições de ruído efetuadas durante a atividade do *Dumper* foram registadas com o Sonómetro, entre o dia 09 a 12/07/2013 e dia 31/07/2013 a 01/08/2013, conforme a Tabela 37.

Tabela 37: Valores de ruído do *Dumper*.

Dumper	L _{Aeq} dB (A)	L _{min} dB (A)	L _{max} dB (A)	L _{Cpico} dB (C)	L _{EX,8h} dB (A)	L _{EX,8h+U} dB (A)
09-07-2013	74,6	55,1	86,9	125,3	75,0	77,8
10-07-2013	73,3	55,7	92,8	130,8		
12-07-2013	74,7	54,4	90,0	125,2		
12-07-2013	74,2	45,6	90,2	127,5		
31-07-2013	73,0	62,5	87,7	123,6		
01-08-2013	77,9	62,4	112,1	140,1		

Legenda: U = incerteza expandida (2,8 dB (A))

Medição de ruído na Pá Carregadora

As medições de ruído efetuadas durante a atividade da Pá Carregadora foram registadas com o Sonómetro, entre o dia 11 a 12/07/2013 e dia 01/08/2013, conforme a Tabela 38.

Tabela 38: Valores de ruído da Pá Carregadora.

Pá Carregadora	L _{Aeq} dB (A)	L _{min} dB (A)	L _{max} dB (A)	L _{Cpico} dB (C)	L _{EX,8h} dB (A)	L _{EX,8h+U} dB (A)
11/07/2013	74,4	61,3	93,8	132,9	73,9	76,1
11/07/2013	74,7	62,2	100,2	137,5		
11/07/2013	74,4	64,1	94,5	137,5		
12/07/2013	73,7	57,1	91,6	131,4		
01/08/2013	71,8	54,7	90,0	132,2		
01/08/2013	73,0	61,8	91,2	131,1		
01/08/2013	74,5	53,5	92,0	132,5		

Legenda: U = incerteza expandida (2,2 dB (A))

Na revisão literária, os valores obtidos para a Pá Carregadora são semelhantes aos valores obtidos por Engel & Kosała, (2007), que se encontram transcritos na Tabela 39, os níveis de pressão sonora mínima, L_{min}, também foram semelhantes, já os valores dos níveis de pressão sonora máxima, L_{max}, foram superiores, em relação aos obtidos pelo autor.

Tabela 39: Comparação de valores de ruído entre a Pá Carregadora e Escavadora.

Pá Carregadora	LAeq dB (A)	Lmin dB (A)	Lmax dB (A)	Escavadora	LAeq dB (A)	Lmin dB (A)	Lmax dB (A)
11/07/2013	74,4	61,3	93,8	(Engel & Kosala, 2007)	77,8	65,3	88,1
11/07/2013	74,7	62,2	100,2				
11/07/2013	74,4	64,1	94,5				
12/07/2013	73,7	57,1	91,6				
01/08/2013	71,8	54,7	90,0				
01/08/2013	73,0	61,8	91,2				
01/08/2013	74,5	53,5	92,0				

Medição de ruído da Pá Giratória com balde

As medições do ruído na Pá Giratória com balde foram registadas nos dias 09/07/2013 e 30/07/2013, conforme a Tabela 40.

Tabela 40: Valores de ruído da Pá Giratória.

Pá Giratória	LAeq dB (A)	Lmin dB (A)	Lmax dB (A)	L Cpico dB (C)	LEX,8h dB (A)	LEX,8h+U dB (A)
09/07/2013	79,7	49,3	93,5	126,2	78,9	81,5
30/07/2013	77,7	55,3	90,2	127,9		
30/07/2013	77,9	69,9	88,8	125,8		
30/07/2013	77,7	69,7	88,7	125,1		

Legenda: U = incerteza expandida (2,6 dB (A)).

O cálculo do $L_{EX,8h}$ diário foi efetuado através de cálculo EXCEL® da norma NP EN ISO 9612:2011, na estratégia de medição por posto de trabalho a tempo inteiro diário, tendo-se preenchido as células a amarelo com um valor de U_2 de 0,7 que é a incerteza do Sonómetro de Classe 1.

Obtém-se dois resultados diferentes um $L_{EX,8h}$ e a incerteza (U) a ver nos ANEXOS I, II, III.

Por questões de segurança e para poder comparar como os valores limite de exposição (VLE) e como os valores de ação superior (VAS) e inferior (VAI), majora-se o $L_{EX,8h}$ somando a incerteza (U), ficando com $L_{EX,8h+U}$.

5 CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

5.1 Conclusões

Nos equipamentos em estudo e, segundo os resultados medidos e cálculos efetuados, verifica-se que nem todos os equipamentos estão em cumprimento legal.

Dumper

No que se refere ao parâmetro $L_{EX,8h}$, o valor obtido, quando majorado pela incerteza encontra-se abaixo do VAI estipulado na legislação.

Relativamente ao parâmetro L_{Cpico} , na medição do dia 01/08/2013, o *Dumper* apresentou um valor L_{Cpico} de 140,1 dB (C), valor que excedeu o valor limite de exposição (VLE) 140 dB (C) definido por lei.

Pá Carregadora

O valor obtido para o parâmetro $L_{EX,8h}$, quando majorado pela incerteza encontra-se abaixo do VAI estipulado na legislação.

Nas medições do dia 11/07/2013, a Pá Carregadora apresentou o mesmo valor L_{Cpico} de 137,5 dB (C), para duas dessas medições, tendo ambas excedido o valor limite de ação superior (VAS) que é definido na lei com o valor de 137 dB (C).

Pá Giratória

As medições efetuadas e cálculos para a Pá Giratória com balde apresentou um valor de exposição diária majorada para o parâmetro $L_{EX,8h}$ de 81,5 dB (A), de modo que foi excedido o valor limite de ação inferior (VAI) de 80 dB (A) permitido por lei.

Medidas preventivas

A entidade empregadora terá de efetuar algumas mudanças para controlar/reduzir os níveis de valores limite de exposição, aplicando o estipulado no ponto 2, do artigo 8., do DL n.º 182/2006, de 6 de setembro:

“2 – Nas situações em que sejam ultrapassados os valores limite de exposição, o empregador:

- a) Toma medidas imediatas que reduzem a exposição de modo a não exceder os valores limite de exposição;*
- b) Identificar as causas da ultrapassagem dos valores limite;*
- c) Corrige as medidas de proteção e prevenção de modo a evitar a ocorrência de situações idênticas.” (Trabalho, 2006).*

Também alguns estudos fruto da pesquisa bibliográfica apresentam o mesmo tipo de medidas preventivas, acrescentando a obrigatoriedade de uso de proteção auditiva, tal como se encontra transcrito na Tabela 32.

Para valores superiores aos VAS, segundo a Tabela 32, e seguindo a base principal do diploma DL n.º 182/2006, de 6 de setembro, a entidade empregadora deve:

- Estabelecer e aplicar um programa de medidas técnicas e organizacionais que permitam que os riscos de exposição ao ruído sejam eliminados ou reduzido ao mínimo.
- Delimitar e sinalizar os postos de trabalho.
- Disponibilizar e assegurar a utilização de protetores auditivos.
- Assegurar a verificação anual da função auditiva e a realização de exames audiométricos.

Para valores superiores aos VAI, segundo a Tabela 32, e seguindo a base principal do diploma DL n.º 182/2006, de 6 de setembro, a entidade empregadora deve:

- Fornecer protetores auditivos.
- Realizar teste audiométricos de dois em dois anos.

Na Tabela 33, apresentam-se algumas soluções para algumas operações do processo produtivo a céu aberto. Ferreira & Guerreiro (2010), sugerem algumas medidas de minimização:

- Utilizar equipamentos modernos equipados com silenciadores (pás carregadoras, escavadoras giratórias e *dumpers*).
- Gerir a operação de modo a minimizar a concentração de equipamentos no local de remoção.

De entre as medidas de prevenção/recomendação na Tabela 31, a maioria dos autores faz várias recomendações a nível de controlo de engenharia e de controlo administrativo, assim como no ANEXO IV, a que se refere o n.º 7 do artigo 6.º, do DL n.º 182/2006, de 6 de setembro, no entanto, a implementação dessas medidas na realidade é muito difícil de implementar se o projeto iniciar foi mal concebido, por isso, muitas das vezes as medidas preventivas passam a ser de controlo administrativo devido à sua facilidade de implementação e redução de custos.

Neste trabalho para o excesso de ruído, recomenda-se o uso de protetores auditivos e programas de conservação auditiva, melhorar as pistas de circulação de modo a que não possuam muito inclinação nem apresentem irregularidades no piso, rotatividade no posto de trabalho, execução de todos os exames médicos previsto na lei, para além da monitorização de ruído.

5.2 Limitações e Perspetivas Futuras

Limitações

As limitações na elaboração desta dissertação começaram na escolha das palavras-chave, principalmente as palavras do Grupo C, na seleção de equipamentos de perfuração que se pesquisou inicialmente, e no final do estudo não se avaliou nenhum equipamento de perfuração. As palavras-chaves com mais de três palavras tornou ineficaz a sua pesquisa na base de dados e revistas científicas porque truncadas apresentou poucos ou nenhuns resultados, quando as palavras não foram truncadas apresentaram muitos artigos fora de tema. Nesta mesma pesquisa efetuada

nas diferentes bases de dados e revistas científicas, algumas delas apresentaram a dificuldade de não conseguir elaborar uma pesquisa inicial com a seleção de título, resumo e palavras-chave, foi necessário dividir em diferentes campos de aplicações. Quando se fez a triagem dos artigos houve uma dificuldade acrescida em fazer o *snowballing* da pesquisa de artigos já analisados porque o programa usado para a recolha bibliográfica não permitiu remover no início os artigos repetidos e, por isso, foi apresentado no final a remoção dos duplicados.

Este estudo no princípio foi projetado para as medidas preventivas sobre o agente físico, ruído, e a sua monitorização nas pedreiras, daí uma pesquisa intensa nesse sentido, mas as limitações de tempos académicos não permitiram uma recolha mais extensa de dados, nos diferentes equipamentos das pedreiras, por isso, ficou limitada a avaliação de postos de trabalhos com amostras cedidas por outros investigadores.

As outras limitações encontradas neste estudo foi o consentimento de ética, só poucos artigos é que referem a ela, e também são poucos os artigos que referem ao facto de não existirem conflitos de interesse. Os artigos que apresentam medições sobre o ruído não apresentam nos resultados a incerteza dos cálculos tornando difícil uma comparação eficaz dos valores obtidos.

Perspetivas Futuras

As perspetivas futuras para este tema de trabalho e conforme o resultado da pesquisa bibliográfica, será fazer inquéritos aos trabalhadores para perceber o conhecimento deles sobre ruído ocupacional, exames audiométricos, exames otoscópios, boas práticas na utilização de protetores.

Recolher mais amostras, com outro tipo de sonómetro, com todos os diferentes tipos equipamentos usados nas pedreiras que produzam ruído e em simultâneo recolher amostras para as vibrações, segundo as referências literárias em estudo existe um grande relação entre os dois agentes físicos.

6 BIBLIOGRAFIA

- ACT. (2018). Acidentes de Trabalho Mortais. Retrieved July 27, 2018, from [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/AcidentesdeTrabalhoMortais.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/AcidentesdeTrabalhoMortais.aspx)
- Arezes, P. M., & Miguel, A. S. (2002). A exposição ocupacional ao ruído em Portugal. *Riscos Ocupacionais*, 20(1), 61–69.
- Assembleia de República. Lei n.º 3/2014 de 28 de janeiro, Diário da República, 1.ª série — N.º 19 § (2014). Portugal.
- Bauer, E. R., & Babich, D. R. (2006). Administrative controls for reducing worker noise exposures. *Trans Soc Min Metall Explor*, 318:51–57.
- Camargo, H. E., Peterson, J. S., Kovalchik, P. G., & Alcorn, L. A. (2010). Acoustic assessment of pneumatic and electric jackleg drills used in the mining industry. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1–12. <https://doi.org/DOI: 10.1121/1.3384527> · Source: PubMed
- Cerdeira, J., Matos, M. L., & Baptista, J. S. (2014). *Relationship between Noise and Vibration Produced by Quarry Equipment. Occupational Safety and Hygiene* (Vol. 1, N.º 1).
- Chadambuka, A., Mususa, F., & Muteti, S. (2013). Prevalence of noise induced hearing loss among employees at a mining industry in Zimbabwe. *African Health Sciences*. <https://doi.org/10.4314/ahs.v13i4.6>
- Cinar, I., & Sensogut, C. (2013). Evaluation of Noise Measurements Performed in Mining Sites for Environmental Aspects. *Int. J. Environ. Res*, 7(2), 383–386.
- Dekker, J. J., Edwards, A. L., Franz, R. M., Van Dyk, T., & Banyini, A. (2011). Meeting the milestones: Are South African small- to medium-scale mines up to the task? In *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*.
- DGEG. (2016). Informação Estatística n.º18. Retrieved July 27, 2018, from www.dgeg.gov.pt/wwwbase/wwwinclude/ficheiro.aspx?access=1&id=15632
- Edwards, A. L., Dekker, J. J., Franz, R. M., Van Dyk, T., & Banyini, A. (2011). Profiles of noise exposure levels in South African mining. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*.
- Engel, J. R., & Kosala, K. (2007). Sources of vibroacoustic hazards in open-pit mines of mineral raw materials. *ARCHIVES OF ACOUSTICS*, 32(2), 251–262.
- Fernandez, M. D., Quintana, S., Ballesteros, J. A., & Chavarría, N. (2010). Are workers in the construction sector overexposed to noise? *Noise & Vibration WorldWide*, 11–14.
- Fernández, M. D., Quintana, S., Chavarría, N., & Ballesteros, J. A. (2009). Noise exposure of workers of the construction sector. *Applied Acoustics*. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2008.07.014>
- Ferreira, N., & Guerreiro, H. (2010). O ruído e a indústria extractiva. *Boletim de Minas - Direcção Geral de Energia E Geologia*, 45, N.º 1, 3–17.
- Filza Ismail, A., Daud, A., Ismail, Z., & Abdullah, B. (2013). Noise-induced hearing loss among quarry workers in a north-eastern state of Malaysia: A study on knowledge, attitude and practice. *Oman Medical Journal*. <https://doi.org/10.5001/omj.2013.96>
- Fisne, A., & Okten, G. (2013). Noise exposure of underground coal miners in Turkey. *Noise Control Engineering Journal*. <https://doi.org/10.3397/1/3761049>

- Gabinete de Estratégia e Planeamento. (2015). Acidentes de trabalho. Retrieved July 27, 2018, from <http://www.gep.msess.gov.pt/estatistica/acidentes/at2015sint.pdf>
- Gupta, P., Roy, S., & Rajan Babu, A. (2012). Study on Noise Levels Generated due to Jack Hammer Drills in Granite Quarries. *Frontiers in Science*, 2(3), 47–52. <https://doi.org/10.5923/j.fs.20120203.06>
- Gyamfi, C. K. R., Amankwaa, I., Owusu Sekyere, F., & Boateng, D. (2016). Noise exposure and hearing capabilities of quarry workers in Ghana: A cross-sectional study. *Journal of Environmental and Public Health*. <https://doi.org/10.1155/2016/7054276>
- Harper, G. S., & O'Brien, T. M. (2006). The prediction of underground drilling noise. *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*, 106, 533–544.
- ISO 1999. (2013). Acoustics — Estimation of noise-induced hearing loss. Geneva. Retrieved from www.iso.org
- Landen, D., Wilkins, S., Stephenson, M., & McWilliams, L. (2004). Noise exposure and hearing loss among sand and gravel miners. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. <https://doi.org/10.1080/15459620490476503>
- Liu, J., Xu, M., Ding, L., Zhang, H., Pan, L., Liu, Q., ... Zhu, B. (2016). Prevalence of hypertension and noise-induced hearing loss in Chinese coal miners. *Journal of Thoracic Disease*. <https://doi.org/10.21037/jtd.2016.02.59>
- Lutz, E. A., Reed, R. J., Turner, D., Littau, S. R., Lee, V., & Hu, C. (2015). Effectiveness evaluation of existing noise controls in a deep shaft underground mine. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. <https://doi.org/10.1080/15459624.2014.987385>
- Masterson, E. A., Tak, S., Themann, C. L., NIOSH, C.-A., Wall, D. K., Groenewold, M. R., ... Calvert, G. M. (2013). Prevalence of Hearing Loss in the United States by Industry. *AMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL MEDICINE J. Ind. Med.*, 56(56). <https://doi.org/10.1002/ajim.22082>
- Matos, M., Baptista, J., & Diogo, M. (2011). Relação entre o ruído e as variáveis do processo produtivo na indústria extractiva a céu aberto. *6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia*.
- Matos, M. L. (2015). *Doutoramento em segurança e saúde ocupacionais relação entre vibrações no corpo humano, ruído e poeiras e o processo produtivo em explorações a céu aberto*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Retrieved from <http://www.fe.up.pt>
- Miguel, A. S. (2014). *Manual de higiene e segurança do trabalho*. (P. Editora, Ed.) (13.º ed.). Porto: 09-2014.
- Musiba, Z. (2015). The prevalence of noise-induced hearing loss among Tanzanian miners. *Occupational Medicine*. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqv046>
- NP EN ISO 9612. (2011). Acústica: Determinação da exposição ao ruído ocupacional – Método de Engenharia. Instituto Português da Qualidade.
- Onder, M., Onder, S., Mutlu, A., Onder, M., Onder, S., & Mutlu, A. (2012). Determination of noise induced hearing loss in mining: an application of hierarchical loglinear modelling. *Environ Monit Assess*, 184, 2443–2451. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2129-0>
- Pandey, R. K., Thote, N. R., & Singh, T. N. (2013). Development of statistical model for prediction of occupational noise exposure to SDL operators in Indian underground coal mines.
- Phillips, J. I., Heyns, P. S., & Nelson, G. (2006). Rock drills used in South African mines: A comparative study of noise and vibration levels. *Annals of Occupational Hygiene*. <https://doi.org/10.1093/annhyg/mel082>

- Said, K. M., Haron, Z., A., A. S., Abidin, M. Z., Yahya, K., & Han, L. M. (2014). Occupational Noise Exposure Among Road Construction Workers. *Jurnal Teknologi*. <https://doi.org/10.11113/jt.v70.3571>
- Sensogut, C. (2007). Occupational noise in mines and its control - A case study, *16*(6), 939–942.
- Sensogut, C., & Cinar, I. (2007). An empirical model for the noise propagation in open cast mines - A case study. *Applied Acoustics*. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2006.04.016>
- Spencer, E. R. (2010). Assessment of equipment operator's noise exposure in western underground gold and silver mines. *Society for Mining, Metallurgy & Exploration*, 6.
- Trabalho, M. do. Decreto-Lei 182/2006 (2006). Decreto-Lei n.º 182/2006 de 6 de Setembro. Retrieved from <http://data.dre.pt/eli/dec-lei/182/2006/09/06/p/dre/pt/html>
- Tripathy, D. P., & Rao, D. S. (2015). Noise measurement in a mechanized opencast bauxite mine: A case study. *Noise & Vibration WorldWide*, 9–19.

7 ANEXOS

7.1 ANEXO I – Cálculo do valor $L_{EX,8h+}U$ – *Dumper*

7.2 ANEXO II – Cálculo do valor $L_{EX,8h+}U$ – *Pá Carregadora*

7.3 ANEXO III – Cálculo do valor $L_{EX,8h+}U$ – *Pá Giratória*

ANEXO I – Cálculo do valor $L_{EX,8h+U}$ – *Dumper*

ISO 9612 Evaluation of measurement uncertainties (Annex C)
Job-based measurement and full day measurement

To enter data : use the yellow cells only			Calculations (ISO references)	
Measured values	Noise levels (dB)	Parameters		
	$L_{pAeqT,1}$	T_o (h) =	(Eq. C.8)	$L_{EX,8h} =$
	$L_{pAeqT,2}$			
	$L_{pAeqT,3}$	Effective duration T_e of the working day (in hours)	(Eq. 11)	$L_{pAeqT_e} =$
	$L_{pAeqT,4}$	$T_e =$	(Eq. C.12)	$u_1 =$
	$L_{pAeqT,5}$		(Table C.4 for N and u_1)	$c_1 \cdot u_1 =$
	$L_{pAeqT,6}$	Standard uncertainty of measuring instrumentation (Table C.5)	Combined standard uncertainty	
	$L_{pAeqT,7}$	$u_2 =$	Sources of uncertainty =	
	$L_{pAeqT,8}$		1) Noise levels	$(c_1 \cdot u_1)^2 =$
	$L_{pAeqT,9}$		2) Instrumentation Q2	$(u_2)^2 =$
	$L_{pAeqT,10}$		3) Microphone position Q3	$(u_3)^2 =$
	$L_{pAeqT,11}$	Standard uncertainty due to imperfect selection of measurement position	Sum (C.9)	$u^2(L_{EX,8h}) =$
	$L_{pAeqT,12}$	$u_3 =$		$u(L_{EX,8h}) =$
	$L_{pAeqT,13}$		$U(L_{EX,8h}) = 1,65 \cdot u(L_{EX,8h}) =$	
	$L_{pAeqT,14}$			
	$L_{pAeqT,15}$			
	$L_{pAeqT,16}$			
	$L_{pAeqT,17}$			
	$L_{pAeqT,18}$			
	$L_{pAeqT,19}$			
$L_{pAeqT,20}$				
Number of measured values	N =	Daily noise exposure level		
		Expanded uncertainty		

ANEXO II – Cálculo do valor $L_{EX,8h+U}$ – Pá Carregadora

ISO 9612 Evaluation of measurement uncertainties (Annex C)
Job-based measurement and full day measurement

To enter data : use the yellow cells only			Calculations (ISO references)	
Measured values	Noise levels (dB)	Parameters		
	$L_{pAeqT,1}$ 74,4	T_0 (h) = 8	(Eq. C.8)	$L_{EX,8h} = 73,9$
	$L_{pAeqT,2}$ 74,7	Effective duration T_e of the working day (in hours) $T_e = 8$	(Eq. 11)	$L_{pAeqT_e} = 73,9$
	$L_{pAeqT,3}$ 74,4		(Eq. C.12)	$u_1 = 1,05$
	$L_{pAeqT,4}$ 73,7		(Table C.4 for N and u_1)	$c_1 \cdot u_1 = 0,52$
	$L_{pAeqT,5}$ 71,8		Combined standard uncertainty	
	$L_{pAeqT,6}$ 73	Standard uncertainty of measuring instrumentation (Table C.5) $u_2 = 0,7$	Sources of uncertainty =	
	$L_{pAeqT,7}$ 74,5		1) Noise levels $(c_1 \cdot u_1)^2 = 0,27$	
	$L_{pAeqT,8}$		2) Instrumentation Q2 $(u_2)^2 = 0,49$	
	$L_{pAeqT,9}$		3) Microphone position Q3 $(u_3)^2 = 1$	
	$L_{pAeqT,10}$		Sum (C.9) $u^2(L_{EX,8h}) = 1,76$	
	$L_{pAeqT,11}$		$u(L_{EX,8h}) = 1,3$	
	$L_{pAeqT,12}$		$U(L_{EX,8h}) = 1,65 \cdot u(L_{EX,8h}) = 2,2$	
	$L_{pAeqT,13}$			
	$L_{pAeqT,14}$			
	$L_{pAeqT,15}$			
	$L_{pAeqT,16}$			
	$L_{pAeqT,17}$			
	$L_{pAeqT,18}$			
	$L_{pAeqT,19}$			
$L_{pAeqT,20}$				
Number of measured values	N = 7		Daily noise exposure level	73,9 dB
		Expanded uncertainty	2,2 dB	

ANEXO III – Cálculo do valor $L_{EX,8h+U}$ – Pá Giratória

ISO 9612 Evaluation of measurement uncertainties (Annex C)
Job-based measurement and full day measurement

To enter data : use the yellow cells only		Calculations (ISO references)			
Measured values	Noise levels (dB)	Parameters			
	$L_{pAeqT,1}$ 79,7	To (h) = 8	(Eq. C.8) $L_{EX,8h} = 78,9$		
	$L_{pAeqT,2}$ 77,9	Effective duration T_e of the working day (in hours) $T_e = 8$	(Eq. 11) $L_{pAeqT_e} = 78,9$		
	$L_{pAeqT,3}$ 79,7		(Eq. C.12) $u_1 = 1,10$		
	$L_{pAeqT,4}$ 77,7		(Table C.4 for N and u_1) $c_1 \cdot u_1 = 1,00$		
	$L_{pAeqT,5}$				
	$L_{pAeqT,6}$	Standard uncertainty of measuring instrumentation (Table C.5) $u_2 = 0,7$	Combined standard uncertainty		
	$L_{pAeqT,7}$		Sources of uncertainty =		
	$L_{pAeqT,8}$		1) Noise levels $(c_1 \cdot u_1)^2 = 1,01$		
	$L_{pAeqT,9}$		2) Instrumentation Q2 $(u_2)^2 = 0,49$		
	$L_{pAeqT,10}$		3) Microphone position Q3 $(u_3)^2 = 1$		
	$L_{pAeqT,11}$		Sum (C.9) $u^2(L_{EX,8h}) = 2,50$	$u(L_{EX,8h}) = 1,6$	
	$L_{pAeqT,12}$			$U(L_{EX,8h}) = 1,65 \cdot u(L_{EX,8h}) = 2,6$	
	$L_{pAeqT,13}$		Standard uncertainty due to imperfect selection of measurement position $u_3 = 1$		
	$L_{pAeqT,14}$				
	$L_{pAeqT,15}$				
	$L_{pAeqT,16}$				
	$L_{pAeqT,17}$				
	$L_{pAeqT,18}$				
	$L_{pAeqT,19}$				
$L_{pAeqT,20}$					
Number of measured values	N = 4		Daily noise exposure level	78,9 dB	
		Expanded uncertainty	2,6 dB		